TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

# DE PHOTOGRAPHIE

DROITS DE TRADUCTION RÉSERVÉS

# TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE

# PHOTOGRAPHIE

PAR

CHARLES FABRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES

CHARGÉ DE COURS A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE

---

TOME PREMIER

## MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE

---

PARIS

GAUTHIER-VILLARS & FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

55, QUAI DES AUGUSTINS, 55

1889

# PRÉFACE

Le but que nous nous proposons d'atteindre en publiant notre *Traité encyclopédique de photographie* est non seulement de faire connaître dans tous leurs détails les procédés aujourd'hui en usage, mais aussi de montrer par quelles transformations les instruments sont arrivés à la précision actuelle et par quelles modifications successives les méthodes nouvelles se sont établies. En cela, notre travail est différent de celui adopté dans les traités de photographie écrits jusqu'à ce jour.

Les nombreux progrès réalisés dans notre art sont dus le plus souvent à la connaissance exacte de ce qui a été déjà fait, et cependant tous les ouvrages didactiques sur la photographie se contentent d'indiquer comment il convient d'opérer pour obtenir tel ou tel résultat; ils sont muets le plus souvent sur les changements progressifs qui ont conduit à ce résultat.

Nous nous sommes efforcés de combler cette lacune, tout en cherchant à maintenir à notre publication les avantages que l'on est en droit d'attendre d'un *Traité de photographie*. Ce n'est pas à dire que les recherches de nos devanciers aient été stériles pour l'art photographique; nous avons eu le soin de résumer ces travaux, tout en indiquant les sources où le lecteur pourra puiser certains détails dont la description nous eût entraîné trop loin. Cette partie de notre ouvrage s'adresse à ceux qui veulent compléter leur instruction photographique; et afin de donner plus de clarté à l'ensemble de notre Traité, nous avons adopté pour l'impression de ces résumés un caractère typographique distinct de celui employé pour la description des procédés usuels. A côté du *Traité pratique* se trouvera donc une *Encyclopédie*

*photographique* facile à consulter et dont la lecture sera plus utile que celle des dictionnaires ou des répertoires dont les articles sont classés sans ordre méthodique.

Notre *Traité encyclopédique de photographie* comprend quatre volumes :

Le premier contient ce qui a trait à l'histoire générale de la photographie, au *matériel* commun aux principaux procédés, et en particulier aux objectifs ; nous consacrons un long chapitre au choix et au maniement de ces appareils.

Dans le second volume, nous abordons l'étude du cliché photographique sur verre et autres supports de l'*image négative*.

Le papier ciré, l'albumine, le collodion sec ou humide, les émulsions au coton-poudre, à la gélatine, etc., forment autant de chapitres spéciaux dans lesquels ces procédés sont soigneusement décrits.

L'obtention des *images positives* est exposée dans le troisième volume, qui contient depuis la description des moyens employés par Niepce pour obtenir à la chambre noire la première image photographique, jusqu'aux procédés de tirage industriels usités de nos jours.

Enfin, les méthodes d'*agrandissements*, les applications scientifiques de la photographie, les connaissances de photochimie utiles aux opérateurs, les hypothèses émises sur la formation des images photographiques, font l'objet du quatrième volume.

Notre ouvrage est le fruit d'un labeur incessant, poursuivi pendant une longue suite d'années. La rédaction de notre *Aide mémoire de photographie* nous a permis d'amasser peu à peu des matériaux nombreux et précis qui ont grandement facilité notre travail. MM. Gauthier-Villars et fils ont bien voulu prêter leur appui à l'œuvre entreprise ; ils ont droit à nos sincères remerciements. Présenté sous de tels auspices, nous pouvons espérer que le public réservera à ce nouveau *Traité* la bienveillance avec laquelle il a accueilli nos précédentes publications.

---

# INTRODUCTION

**1. Historique de la photographie.** — La fixation des images de la chambre noire sur l'écran qui les reçoit constitue le problème que l'on cherche à résoudre en photographie : c'est une des application les plus remarquables de la photochimie.

Les anciens, dont les connaissances chimiques étaient bien plus étendues qu'on ne le croit généralement [1], n'ignoraient pas l'action que la lumière exerce sur certains corps, en particulier sur les substances organiques telles que les plantes, l'épiderme ; ils avaient constaté que certaines couleurs sont rapidement altérées par une exposition à la lumière. Vitruve [2], dans son *Traité d'architecture*, recommande de disposer les tableaux dans des salles exposées au nord ; l'exposition au soleil était à cette époque reconnue fatale pour les couleurs. Pline [3] l'indique formellement dans ses ouvrages ; mais il ne paraît nulle part que cette action de la lumière ait été utilisée pour obtenir des images quelconques.

Albert le Grand [4] indique explicitement dans ses écrits que certains composés de l'argent, en particulier le nitrate, colorent en noir la peau ; plus tard, Glauber [5] vérifie le même fait ; Bayle [6] constate que l'or potable (chlorure d'or) colore la peau. Ces propriétés ne furent pas utilisées.

1. Voyez Berthelot, *Introduction à l'étude de la chimie des anciens et du moyen âge*, Paris, Steinheil, 1889.
2. Architecte et écrivain romain, premier siècle avant J.-C.
3. Premier siècle après J.-C.
4. Treizième siècle.
5. En 1658.
6. En 1660.

Fabricius[1] a observé que le chlorure d'argent peut présenter les couleurs les plus variées; il n'a cependant pas écrit que cette coloration était produite par la lumière.

Nous ne nous arrêterons pas à cette légende de l'Orient qui rapporte que deux Juifs[2] mirent à profit les dessins produits par les rayons solaires pour faire croire à l'intervention miraculeuse de Mahomet; nous retrouvons d'ailleurs un procédé analogue employé par un médecin allemand, Schulze[3], qui utilisa l'un des premiers les sels d'argent pour obtenir une image par l'action de la lumière; il se servit du moyen suivant. Un papier fixé solidement à l'aide de cire et portant soit des caractères, soit des perforations, était appliqué sur un flacon renfermant un sel d'argent. Par l'influence de la lumière, les caractères apparaissaient sous forme de précipité noirâtre. Le Dr Hooper, dans son ouvrage *Rational Recreations* (paru en 1775), décrit ce procédé de la manière suivante : on dissout de la craie dans l'eau forte à consistance du miel, et on ajoute une dissolution concentrée d'argent; on découpe des lettres en papier noir et on expose le flacon au soleil. Si l'on retire les lettres après quelques minutes, on constate qu'elles apparaissent sur le verre.

En 1777, Scheele[4] vérifie que le chlorure d'argent noircit sous l'action de la lumière, expérience faite par J.-B. Beccarius[5] de Turin. Antérieurement, Hellot, en 1737, avait observé que des traits tracés sur le papier à l'aide d'une solution de nitrate d'argent noircissent à la lumière. Scheele constata que l'acide nitrique peut dissoudre l'argent réduit du chlorure. Il eut le premier l'idée d'étudier l'influence des divers rayons colorés sur le chlorure d'argent; il reconnut que cette action n'était pas la même dans les diverses parties du spectre, et qu'elle a son maximum dans le violet. Quelques années plus tard, Sennebier[6] précise les conditions de l'expérience et constate que la même coloration du chlorure d'argent peut être produite par les diverses parties du spectre : le temps d'exposition doit seulement être modifié; c'est ainsi qu'une certaine coloration produite en

1. *De metallicis rebus variæ observationes*, 1565, p. 7.
2. Voyez Figuier, *les Merveilles de la Science*, Photographie, page 59.
3. *Acta physico-medica Academiæ Cæsareæ Leopoldino Carolinæ*, 1727, I, 528.
4. Scheele, *De l'air et du feu*, 1781, pp. 133, 134, 145.
5. J.-B. Beccarius, professeur à Turin, fit cette expérience en 1757.
6. En 1782.

15 secondes dans la lumière violette nécessitera 29 secondes dans la lumière bleue, 37 dans la verte, 5 minutes 30 secondes dans la jaune, et 20 minutes dans la rouge.

A la même époque (1782), Hageman, de Brême, observe que certaines substances animales, telles que la résine de gaïac, la gomme mastic, la sandaraque, etc., sont modifiées par la lumière : en particulier, la résine de gaïac pulvérisée devient bleue. Il n'y avait donc pas que les sels d'argent qui soient décomposés par les rayons solaires ; les substances organiques et d'autres sels étaient aussi modifiés. Neuman, en 1737, observe que le calomel était noirci par la lumière ; en 1764, Meyer constate le même phénomène pour le sulfate de mercure. Abildgaär, en 1800, Harup, en 1802, font des observations analogues[1]. Le mélange d'acide oxalique et de chlorure de mercure avait d'ailleurs, dès 1776, donné à Bergmann un composé sensible à la lumière. Vers cette époque, Berthollet constatait que l'eau de chlore était décomposée lorsqu'on l'exposait au jour, et l'on songeait déjà à utiliser cette réaction pour mesurer l'intensité des radiations lumineuses. Les essais pour obtenir des images à l'aide de ces diverses substances étaient cependant assez restreints. En 1780, le physicien Charles, dans ses cours du Louvre, dessinait des silhouettes sur papier recouvert de chlorure d'argent[2]. C'est un procédé analogue qu'employait Wegwood[3] en 1802 : il proposait de copier des vitraux d'église ou des gravures au moyen de peau blanche, de papier, enduits d'azotate ou de chlorure d'argent, et placés en contact des modèles à reproduire ; il *trouva que la lumière de la chambre noire était trop faible pour agir dans un temps modéré*. H. Davy parvint cependant à imprimer l'image de petits objets sur une surface sensible placée très près de l'objectif du microscope solaire. Par ce moyen, il obtenait une image *négative ;* de plus, sous l'influence de la lumière du jour, la couche sensible prenait une teinte uniforme et l'image disparaissait : elle n'était pas fixée. Davy avait fait un très grand nombre d'essais pour rendre stable cette image : en particulier, par des lavages à l'eau, il avait complètement échoué, mais avait eu le mérite de poser nettement le problème à résoudre.

1. Dr Eder, *Traité de photographie*, I, p. 4.
2. *La Photographie, ses origines, ses progrès*, par Blanquart-Evrard ; Lille, 1870.
3. *Journal de l'Institut de la Grande-Bretagne*, t. I, p. 170.

**2. Nicéphore Niepce, inventeur de la photographie**[1]. — Les travaux de Nicéphore Niepce sur la photographie commencèrent vers 1814. La lithographie venait de faire son apparition en France, et la difficulté qu'avait Niepce de se procurer de bonnes pierres lui fit songer à les remplacer par des plaques d'étain. Il enduisait ces plaques d'un vernis spécial (dont il n'a pas fait connaître la formule) et les recouvrait de la gravure à reproduire ; il exposait le tout à la lumière, puis faisait agir certains dissolvants et employait ces planches pour l'impression : il obtenait des résultats passables. C'est en 1816 qu'il

Fig. 1.

obtint les premières images photographiques ; elles étaient négatives, mais susceptibles d'être gravées par l'action des acides. Il existe encore une reproduction de gravure faite par Niepce en 1824. A cette date, Niepce se servait de bitume de Judée dont il enduisait la plaque. Après insolation derrière une gravure dont le papier était rendu transparent par un vernis, le bitume devenait insoluble dans les clairs et restait soluble dans les noirs. Il dépouillait l'image par application d'essence de térébenthine et d'huile de lavande ; le métal mis à nu était soumis à l'action d'un acide. Cette méthode est suivie aujourd'hui en héliogravure. Niepce obtint des images à la chambre

1. *La vérité sur l'invention de la photographie*, par Fouque ; Paris, 1867.

noire et constata que l'addition du diaphragme à l'objectif procure la netteté de l'image, tout en augmentant le temps de pose, qui était alors considérable (6 à 8 heures). Plus tard, vers 1827, il employa le bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande et appliqué sur une plaque de cuivre argenté. Après exposition dans la chambre noire, il soumettait la plaque à l'action de l'huile de pétrole et de l'essence de lavande : la couche de vernis était enlevée partout où la lumière n'avait pas agi ; la plaque lavée à l'eau et séchée pouvait être impunément exposée au jour. Les grands clairs du modèle étaient repré-

Fig. 2.

sentés par la couche blanche de bitume oxydé, les ombres correspondaient à l'argent poli. L'aspect général des images était gris ; pour augmenter les contrastes (renforcer l'image), Niepce employa le sulfure de potassium, l'iode, et obtint par ce moyen des images plus vigoureuses.

**3. Procédé de Talbot.** — En mars 1839[1], Talbot fit connaître un procédé ayant pour but de copier par application les objets plus ou moins opaques. Il préparait un papier en l'enduisant successivement de chlorure de sodium et de nitrate d'argent, puis le faisait

1. Robert Hunt, *Researches on Light*, 1844, p. 54.

sécher dans l'obscurité. Le papier noircissait dans les endroits où il n'était pas préservé : on obtenait ainsi une image inverse ou *négative* (*fig. 1*) qui pouvait servir à obtenir d'autres images *positives* (*fig. 2*). Les épreuves étaient fixées dans une solution très concentrée de sel marin, qui plus tard fut remplacée par une solution d'hyposulfite de soude, lorsque sir John Herschell[1] eut reconnu les propriétés fixatrices de ce corps.

Deux ans plus tard, Talbot modifia sa méthode et fit connaître un procédé qui a servi de type à tous les procédés négatifs. Il recouvrait de nitrate d'argent la surface d'un papier, puis d'iodure de potassium, enfin d'un mélange de nitrate d'argent, acide acétique et acide gallique. Il exposait dans la chambre noire ; l'image latente était développée au gallo-nitrate d'argent et fixée au bromure de potassium. Cette image constituait un cliché négatif. Il obtenait de ce cliché autant d'épreuves positives (*fig. 2*) qu'il était nécessaire en l'appliquant sur son papier au chlorure d'argent.

**4. Procédé de Bayard.** — Le 24 juin 1839, M. Bayard exposa une série de photographies obtenues par un procédé fort original. Il recouvrait de chlorure d'argent un papier et le faisait noircir complètement à la lumière; il le lavait et le conservait à sec. Au moment d'opérer, il le trempait dans une solution d'iodure de potassium et appliquait le papier sur une ardoise, le côté noir faisant face à l'objectif : il obtenait une image positive qu'il lavait d'abord à l'eau pure, puis à l'eau ammoniacale.

M. Bayard ne fit pas connaître son procédé à cette époque, mais les images qu'il montra précédaient la divulgation du procédé de Daguerre[2]; elles s'obtenaient d'ailleurs par des méthodes absolument différentes. La publication du procédé de Daguerre fit passer presque inaperçues les découvertes de Bayard et de Talbot.

**5. Procédé de Daguerre.** — En 1826, Daguerre fut mis en relation avec Niepce, de Châlon, et à cette époque il considérait comme « impossible[3] » l'obtention des images photographiques. Trois ans plus tard, il s'associe avec Niepce, qu'il reconnaît comme « inven-

1. 14 mars 1839.
2. *Moniteur officiel*, 22 juillet 1839.
3. Victor Fouque. *La vérité sur l'invention de la photographie*, 1867.

teur d'un moyen nouveau de fixer, sans avoir recours à un dessinateur, les vues qu'offre la nature[1] ». Il abandonna cependant les méthodes de Niepce, et le 19 août 1839 fit connaître un procédé qui, employé pendant une dizaine d'années, est aujourd'hui tombé dans l'oubli. Une plaque d'argent poli est soumise aux vapeurs émises par l'iode à la température ordinaire; la couche d'iodure d'argent obtenue est exposée dans la chambre noire, développée à l'aide des vapeurs de mercure, puis fixée dans le chlorure de sodium. Ce fixateur était imparfait, et c'est seulement lorsque Herschell eut indiqué l'emploi de l'hyposulfite de soude pour fixer les images sur papier que le procédé fut complet.

M. Fizeau, peu de temps après, reconnut qu'en dorant les images daguerriennes à l'aide du chlorure d'or, on pouvait assurer leur durée et les rendre moins fragiles. Claudet indiqua l'emploi des substances accélératrices, et la découverte par Petzval de l'objectif double permit d'appliquer le daguerréotype à la production des portraits.

A cette époque (1840-1842), on connaissait donc deux moyens d'obtenir les images à la chambre noire. On faisait directement une épreuve ou bien négative (procédé Talbot) ou bien positive. Ce dernier moyen n'a pas subi de grands perfectionnements. Il n'en est pas de même du premier qui, quoique modifié dans ses détails, constitue encore le type des procédés pratiqués de nos jours. Énumérons donc les progrès réalisés dans la formation des images *négatives* et les divers modes de tirage des *positifs*.

### § 1. — Images négatives.

**6. Perfectionnements du procédé Talbot.** — Blanquart-Évrard remplaça la solution de gallo-nitrate d'argent dont Talbot se servait pour sensibiliser le papier par une solution de nitrate d'argent seul; il développait à l'acide gallique par immersion du papier dans une cuvette (bassine de Daguerre[2]), ce qui permettait d'éviter les taches que produisaient les pinceaux employés par Talbot. Ce papier s'employait à l'état humide, et c'était un inconvénient pour les voyages. Legray imagina de cirer le papier, de l'encoller avec

1. Acte d'association Niepce-Daguerre, Fouque, *ibid.*
2. Voyez *Historique et description des procédés du daguerréotype et du diorama*, par Daguerre, 1839, p. 68.

les résines, la colle de poisson, le camphre, le collodion, le sucre de lait mêlé à l'albumine; le papier pouvait être employé à sec : ce procédé a donné et donne encore de fort belles épreuves. Au lieu du chlorure d'argent seul, Legray employait un mélange d'iodure, de bromure et de fluorure d'argent (?).

A. Pélegry, en 1879[1], préparait un papier ordinaire par le procédé Legray, puis le lavait dans l'eau chargée de chlorure de sodium, et, après nouveau lavage, le plongeait dans une dissolution de tannin; le papier ainsi sensibilisé se conservait fort longtemps. Il développait à l'acide pyrogallique et nitrate d'argent. Le sulfate de fer indiqué par Robert Hunt, en 1844, pour développer les images au chlorure d'argent sur papier n'a pas été adopté dans la pratique.

**7. Procédés sur albumine.** — Le papier possède un grain plus ou moins grossier; par suite l'image obtenue à la chambre noire ne présente pas une finesse comparable à celle des épreuves daguerriennes. Niepce de Saint-Victor (neveu de l'inventeur de la photographie) songea à employer le verre recouvert d'une mince couche d'albumine iodurée; la couche sèche était sensibilisée dans un bain de nitrate d'argent et développée à l'acide gallique : les images étaient d'une merveilleuse finesse, mais rarement exemptes de trous, piqûres, etc., provenant des impuretés de l'albumine. Plus tard, Poitevin proposa de remplacer l'albumine par la gélatine.

Taupenot, en 1855, au lieu de se servir du verre comme support de la couche d'albumine, employait le collodion sensibilisé étendu sur verre : il évitait ainsi les taches produites par l'albumine, grâce à la texture poreuse du collodion. Les surfaces sensibles obtenues pouvaient être employées à sec. Ce procédé ne donne pas des images aussi fines que celles provenant de l'emploi de l'albumine seule, dont les images pouvaient (d'après Regnault, 1850) être développées au moyen de l'acide pyrogallique.

**8. Procédé sur collodion.** — Legray, en 1851, indiqua l'emploi du collodion appliqué sur papier pour faciliter la production du négatif. Peu de temps après, Fry et Archer publièrent une méthode précise, bien différente des vagues indications fournies par Legray. Comme Niepce de Saint-Victor, ils employèrent le verre pour sup-

1. *Nouveau procédé sur papier huilé.* Paris, Gauthier-Villars, 1879.

port de la couche sensible et développèrent l'image au sulfate de fer ou à l'acide pyrogallique. Sous le nom de *collodion humide*, ce procédé a été pratiqué pendant plus de trente ans.

La couche sensible préparée par le procédé primitif du collodion perd de sa sensibilité en séchant. Dans le but de lui conserver cette sensibilité, on proposa de maintenir son humidité à la couche en la recouvrant de substances déliquescentes ou sirupeuses. L'abbé Desprats, en 1854, montra le premier que, par l'introduction dans le collodion d'une substance organique pouvant se combiner avec le nitrate d'argent, la couche sensible pouvait être employée à sec après un lavage fait aussitôt que l'iodure alcalin était transformé en iodure d'argent. Fothergill, en 1858, employait l'albumine comme substance organique se combinant avec le nitrate d'argent.

En 1861, le major Russel fit connaître le procédé au tannin : la couche sensible est lavée au sortir du bain d'argent, puis recouverte d'une solution de tannin et séchée. Cet enduit permet de conserver fort longtemps aux plaques leur sensibilité; cette sensibilité n'est cependant pas considérable dans le procédé primitivement indiqué, surtout pour les radiations peu intenses. Le major Russel reconnut que l'emploi du collodion exclusivement bromuré permet d'augmenter la sensibilité : en même temps, il publia le procédé de développement qui consiste à se servir d'un mélange formé d'une solution alcaline et d'acide pyrogallique. Vers la même époque (1862), Anthony reconnut l'effet favorable, produit avant ou après l'exposition, par les fumigations ammoniacales sur les couches préparées au tannin.

Le procédé au tannin a subi une foule de modifications : presque toutes utilisent soit les dérivés de cette substance, soit les solutions de matière organique plus ou moins riches en tannin.

**9. Procédé aux émulsions.** — La couche sensible dans les procédés au collodion est formée par du coton-poudre et de l'iodure ou bromure d'argent. Il semblait que l'on pourrait préparer de toutes pièces un tel mélange sans passer par les opérations de la sensibilisation, lavage, etc. Gaudin[1] avait prévu que tout l'avenir de la photographie résidait dans un collodion sensible à la lumière que l'on n'aurait qu'à verser sur la plaque. En 1861, il fit connaître, sous le nom de *photogène*, un liquide qui, étendu sur verre, donnait des

1. *La Lumière*, 20 août 1853.

surfaces possédant la sensibilité des couches préparées par le collodion humide ; ce liquide fut peu employé.

En septembre 1864[1], MM. Sayce et Bolton décrivirent sous le nom de procédé photographique « sans bain d'argent » le premier procédé d'émulsion réellement pratique. En 1865, Sayce émit l'idée d'obtenir le bromure d'argent par précipitation et de l'émulsionner après lavages. Carey Lea, en 1874[2], décrivit en détail une méthode qui donnait de bons résultats. On préparait le bromure d'argent dans le collodion ; on précipitait par l'eau l'*émulsion* ainsi produite, et après lavages le précipité était redissous dans un mélange d'éther et d'alcool. Le collodio-bromure était étendu sur glaces. Les plaques étaient en général enduites d'un préservateur. Sutton, en 1871, fit voir que tout préservateur était inutile, et Stuart Wortley montra que la sensibilité n'était pas modifiée par la présence des substances organiques dans l'émulsion.

Pendant fort longtemps on a discuté la question de savoir si au moment où l'on verse l'émulsion sur les plaques elle doit contenir un excès de nitrate d'argent ou un excès de bromure. Newton découvrit[3], qu'on peut augmenter la sensibilité de l'émulsion en laissant mûrir le bromure d'argent en présence d'un excès de nitrate d'argent que l'on enlève avant précipitation à l'aide d'un excès de chlorure de calcium ou de chlorure de cobalt. Chardon[4], utilisant les observations de ses devanciers, publia une méthode très précise qui popularisa en France ce procédé : il employait un préservateur, contrairement à ce que faisait Warnerke[5], qui le considérait comme inutile.

Bardy[6], démontra le premier qu'au lieu d'opérer la dissolution de la pellicule (destinée à produire l'émulsion) dans un mélange d'éther et d'alcool, on peut employer d'autres dissolvants tels que l'alcool, l'acide acétique, l'acétone, etc.

Les plaques préparées au collodio-bromure étaient développées à l'aide du révélateur alcalin. En 1879, l'auteur de cet ouvrage a essayé avec succès le développement à l'oxalate de fer employé pour le gélatino-bromure. Abney, en 1880, a indiqué le bon parti que l'on pouvait

1. *Phot. News*, septembre 1864.
2. *British Journal of Photography*, 1874, vol. XXI, pp. 133, 145.
3. *British Journal of Photography*, 1875, pp. 270 et 378.
4. *Photographie par émulsion sèche au bromure d'argent ;* Paris, 1877.
5. *Bulletin Assoc. belge de photographie*, 1877, vol. IV, p. 35.
6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1879, p. 210.

tirer d'un révélateur composé d'hydroquinone et d'ammoniaque pour développer toutes les plaques sèches.

**10. Emulsion à la gélatine.** — La première émulsion à la gélatine et aux sels d'argent fut décrite par Gaudin[1] en 1861, en même temps que l'émulsion au coton-poudre. Le procédé fut oublié pendant dix ans, et c'est seulement en 1871 que R. L. Maddox fit connaître ses moyens de produire une émulsion au gélatino-bromure d'argent[2]. Peu de temps après, King[3] recommandait d'éliminer les sels solubles contenus dans l'émulsion, et Johnston préconisait l'emploi d'un excès de bromure soluble pour éviter la production du voile. Des émulsions à la gélatine préparées par ces procédés furent introduites dans le commerce par Burgess en 1873 et Kennet en 1874. Ce dernier livrait la pelllicule d'émulsion desséchée ; on n'avait qu'à la dissoudre dans l'eau et l'étendre sur verre. Bennet[4] produisit des préparations extraordinairement sensibles en faisant digérer longtemps à la température de 32° c. l'émulsion préparée. Van Monckhoven fit observer que pendant la digestion de l'émulsion l'état moléculaire du bromure d'argent est modifié, et que c'est à ce changement d'état qu'est dû l'accroissement de sensibilité. Il montra que l'ammoniaque produit rapidement cette transformation. Cette remarque a été fort utile pour la préparation industrielle des plaques. Abney[5] conseilla de précipiter le bromure d'argent d'une solution aqueuse, et d'émulsifier ensuite dans de la gélatine le précipité lavé. Il étudia successivement le rôle de l'iodure et du chlorure dans l'émulsion, et ses travaux ont largement contribué au développement du procédé. Il en est de même des recherches du Dr Eder, dont nous aurons maintes fois à citer les travaux aussi originaux que pratiques. H. Vogel en 1873, Waterhouse en 1875, Abney, Eder, etc., ont indiqué les moyens de rendre les surfaces photographiques sensibles aux diverses radiations (orthochromatisme).

1. *La Lumière*, 1861, pp 21 et 25.
2. *British Journal of Photography*, 1871, p. 422.
3. *British Journal of Photography*, 1873, p. 542.
4. *British Journal of Photography*, 1878, p. 146.
5. *Journal and Transaction of Photogcaphic Society*, vol. III, p. 59 (juin 1879).

§ 2. — Images positives.

**11. Emploi du papier au chlorure d'argent.** — Le procédé de Talbot fut perfectionné par Blanquart-Evrard qui, en 1845, imagina de virer les épreuves pour leur donner une teinte agréable. Le procédé au chlorure d'argent sur papier (papier simplement salé ou papier albuminé de Humbert de Molard, Niepce, etc.). a servi pendant fort longtemps et sert encore à la production des images positives; c'est surtout aux importants travaux de MM. Davanne et Girard[1] qu'est due la perfection à laquelle est parvenu ce procédé. Gaudin a signalé le premier les avantages que l'on pouvait retirer de l'emploi de l'émulsion au collodio-chlorure étendue sur le papier. Warthon Simpson[2] indiqua une méthode pratique permettant d'obtenir de belles épreuves positives, soit sur papier, soit sur verre à l'aide de cette émulsion. En 1881, le Dr Eder et Pizzighelli publièrent une méthode d'émulsion au gélatino-chlorure. Ce produit, étendu sur papier, fournit des épreuves positives pouvant rivaliser avec celles que produisent les autres méthodes; l'émulsion au gélatino-bromure peut aussi très utilement servir pour cet objet.

**12. Images sans sel d'argent.** — Vauquelin avait constaté, en 1798, l'altérabilité du chromate d'argent sous l'influence des rayons lumineux. En 1838, Mungo Ponton observa que le mélange de bichromate de potasse et de matières organiques devient insoluble sous l'influence de la lumière. Ed. Becquerel, en 1840, utilisa cette réaction suivie de celle de l'iode sur l'amidon du papier pour produire des épreuves photographiques. Poitevin eut l'idée de dissoudre par l'eau la gélatine non altérée après avoir au préalable noirci celle qui était insoluble, soit par l'encre typographique, soit en incorporant à la gélatine bichromatée le noir destiné à produire l'impression. C'est là le procédé primitif dit *au charbon*, qui, entre les mains de l'abbé Laborde, Fargier, Swann, Vidal, Johnson, Van Monckhoven, a subi de nombreux perfectionnements.

Les sels de fer additionnés de matières organiques sont altérés

1. Travaux exécutés de 1855 à 1863, in *Bulletin de la Société française de photographie*, passim.
2. *Photographic News*, 1865.

sous l'influence de la lumière. Cette réaction, étudiée d'abord par Robert Hunt, puis par Herschell vers 1840, a fait l'objet de nombreux travaux de la part de Poitevin. L'action de la lumière sur un mélange de sels de fer et d'acide tartrique lui a servi à établir les bases de nombreux procédés utilisés encore de nos jours et qui permettent d'obtenir rapidement des calques très exacts.

Niepce de Saint-Victor a employé les sels d'urane, de mercure, etc., pour certains procédés d'impression aujourd'hui abandonnés.

Dans ces dernières années, Willis a mis à profit la sensibilité à la lumière de quelques sels de platine. Herschel, en 1832, puis plus tard Dobereiner, Johannsen, Hunt, avaient signalé ces réactions, et plus ou moins, tenté de les appliquer à la photographie. Willis fit le premier connaître un procédé pratique donnant déjà de bons résultats en 1878. Pizzighelli, A. Hübl, le Dr Eder, Chardon, ont perfectionné la méthode originale de Willis et ont introduit dans la marche opératoire des modifications qui rendent le procédé tout à fait pratique. Les épreuves de Willis que nous possédons depuis plus de dix ans n'ont pas encore subi d'altération ; tout semble montrer qu'elles seront plus stables que celles aux sels d'argent.

**13. Gravure héliographique.** — La première planche de gravure héliographique fut obtenue en 1824 par Nicéphore Niepce, à l'aide du bitume de Judée. En 1841, M. Fizeau eut l'idée de recouvrir l'image daguerrienne d'une couche de cuivre par la galvanoplastie : il obtenait ainsi une planche susceptible d'être imprimée. Beuvière, en 1850, utilisa aussi la galvanoplastie, et Lemaître, Niepce de Saint-Victor en 1853, Nègre en 1854, se servirent de l'action de la lumière sur le bitume de Judée pour atteindre ce but. Ce dernier procédé, avec quelques légères modifications, est encore employé.

De très nombreux procédés d'héliogravure ayant pour point de départ l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée ont été publiés et ont donné de belles épreuves.

Talbot, en 1853, se servait de gélatine bichromatée étendue sur plaque d'acier. Il exposait à la lumière sous un négatif, il couvrait la plaque de résine en poudre, faisait mordre au perchlorure de fer, et après enlèvement de la couche de gélatine, obtenait une planche gravée. Paul Pretsch[1] se servait de plaques de cuivre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1855, p. 190.

recouvertes d'une couche de gélatine bichromatée; après insolation, la couche était lavée à l'eau tiède, et le relief produit par ce moyen était moulé et fournissait une planche susceptible d'être imprimée. Quelque temps après, Poitevin faisait connaître un procédé analogue, lui permettant d'obtenir à volonté des moulages en creux pour l'impression en taille douce et des moulages en relief pour la typographie.

Garnier et Salmon proposèrent à la même époque un procédé fort original : une planche de laiton soumise aux vapeurs d'iode dans l'obscurité est impressionnée sous un négatif, puis traitée par le mercure qui n'attaque que les parties sur lesquelles la lumière n'a pas agi. L'encre grasse, au contraire, se fixe sur les parties non amalgamées. Si l'on soumet alors la planche à l'action du nitrate d'argent et qu'on enlève l'encre grasse, on peut imprimer par les procédés de la taille douce. On peut aussi, à l'aide de dépôts de fer, d'or ou de mercure combinés avec des applications d'encre grasse, obtenir par ce procédé des planches typographiques.

Le moulage des reliefs durs de gélatine furent utilisés en 1860 par M. Placet : en 1865 par Woodbury, qui imagina la méthode connue sous le nom de photoglyptie; en 1872 par Rousselon, en 1878 par Michaud, et bien d'autres sur les procédés desquels nous reviendrons en détail.

**14. Photolithographie.** — Les premiers essais de Niepce avaient eu pour but de faire effectuer par la lumière le travail du dessinateur lithographe : il se servait de bitume de Judée comme substance sensible. MM. Barreswil, Lemercier, Lerebours et Davanne reprirent, en 1852, l'étude de ce procédé : ils versaient sur une pierre lithographique une dissolution de bitume de Judée dans l'éther; la couche sèche, après avoir été impressionnée sous le négatif, était lavée à l'éther, acidulée, gommée et encrée. L'impression s'effectuait par les procédés lithographiques.

Poitevin appliqua les réactions de la gélatine bichromatée à la photolithographie[1]. Une pierre convenablement grainée est recouverte d'un mélange de gélatine et de bichromate alcalin : on sèche, on expose à la lumière sous un négatif; l'encre grasse adhère dans les parties qui ont été attaquées par la lumière, tout comme dans les pierres lithographiques. On peut exécuter par l'intermédiaire de

1. *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1855, p. 362.

ces pierres des reports sur zinc, graver le zinc et obtenir ainsi des clichés typographiques; c'est le procédé de M. Gillot, procédé qui a fourni de très nombreuses applications industrielles. Au lieu de gélatine bichromatée on peut employer l'albumine et le bichromate étendu sur pierre ou sur papier et faire ensuite le report.

**15. Phototypie.** — Les procédés de lithophotographie sur pierre n'ont jamais permis d'obtenir avec facilité les demi-teintes d'un négatif pris sur nature. MM. Tessié du Motay et Maréchal, de Metz, ont substitué à la pierre lithographique la plaque de cuivre comme support de la préparation sensible, qui est formée de gélatine et de bichromates alcalins. La couche insolée est lavée, séchée, mouillée, puis soumise, après encrage, à l'action de la presse lithographique: on obtient ainsi des images avec demi-teintes. Au lieu d'employer le cuivre grainé, Albert, de Munich, proposa, en 1870, de se servir de glaces épaisses *dépolies*, et de donner comme support intermédiaire à la couche sensible *une surface de gélatine insolée*. Les détails de ce procédé ont été modifiés en Allemagne par Obernetter, en France par Quinsac. Tous ces procédés, entrés dans la pratique industrielle, fournissent aujourd'hui de remarquables résultats.

**16. Héliochromie.** — Sennebier, en 1782, observa que le chlorure d'argent s'impressionne plus rapidement dans la portion violette du spectre que dans les autres parties: Davy et Wollaston citèrent des substances qui sont diversement colorées suivant les radiations auxquelles elles sont exposées. Seebeck, en 1810, constata que le chlorure d'argent soumis longtemps à l'action du spectre, devient brun dans le violet, bleuâtre dans le bleu, rouge dans le rouge, et reste sensiblement blanc dans le jaune. Ce sont là les premières observations relatives à l'héliochromie. En 1840, sir John Herschell expose à l'influence du spectre solaire un papier au chlorure d'argent légèrement noirci; il constate que ce papier reproduit, mais d'une manière fort affaiblie, les couleurs du spectre. Ed. Becquerel reprit ces expériences en faisant agir la lumière sur le sous-chlorure d'argent violet : il préparait ce composé en immergeant une plaque d'argent polie dans l'eau de chlore ou dans un bichlorure métallique. Niepce de Saint-Victor, M. de Saint-Florent et plusieurs autres ont donné des procédés d'héliochromie permettant de reproduire les

couleurs naturelles. Aucune des manipulations indiquées ne permet de fixer d'une manière permanente les couleurs obtenues. M. Vallot a proposé de recouvrir les images à l'aide d'un vernis au sulfate de quinine[1] pour empêcher leur altération.

M. Cros, M. Ducos du Hauron, M. L. Vidal ont essayé de résoudre le problème de la photographie en couleurs par la superposition des positifs monochromes. Ces positifs résultaient de l'impression de négatifs obtenus, soit directement à la chambre noire à l'aide de verres analyseurs, soit de négatifs habilement retouchés. Les procédés de tirage sont le plus souvent ceux employés en chromolithographie. A l'aide de procédés particuliers basés sur ces diverses méthodes, M. Quinsac est récemment parvenu à obtenir industriellement des tirages phototypiques en couleur.

**17. Applications scientifiques de la photographie.** — Nous n'indiquerons pas ici les nombreuses applications scientifiques de la photographie. L'astronomie, la micrographie, la spectroscopie, la météorologie, la mécanique, la physiologie, etc., ont constamment recours à l'inscription par la photographie de phénomènes que la plaque sensible « cette rétine du savant, » comme l'a appelée M. Jannsen, enregistre avec une scrupuleuse exactitude et une merveilleuse facilité. L'histoire de ces applications sera examinée en détail dans le dernier volume de cet ouvrage.

**18.** Il ressort de l'historique sommaire des diverses méthodes énumérées plus haut que dans les procédés photographiques on utilise l'action de la lumière sur certains produits chimiques qui servent à la préparation des surfaces sensibles. Cette action de la lumière est transmise aux substances impressionnables à l'aide d'appareils spéciaux dont le nombre est très considérable. Nous avons établi dans notre historique plusieurs divisions parmi lesquelles se trouvent celle des images obtenues par l'action de la lumière : les unes sont *directes* et reproduisent les effets de dégradation lumineuse que l'on observe dans la nature, ce sont les épreuves *positives;* les autres sont *inverses,* c'est-à-dire que les grandes lumières du modèle donnent à la surface sensible les teintes les plus foncées : c'est

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, avril 1889.

l'image *négative* que l'on appelle souvent *cliché négatif* ou simplement le *négatif*.

Il n'existe qu'un petit nombre de procédés photographiques permettant d'obtenir directement à la chambre noire une image positive : ils sont d'ailleurs peu usités. La production du *négatif* se retrouve au contraire dans presque tous les procédés : c'est de la bonne exécution de ce négatif ou *cliché* que dépend le plus souvent le succès du résultat final ; les opérations à effectuer, lorsque l'on a produit le cliché, sont plus ou moins semblables à un simple décalque ; elles permettent de produire, à l'aide d'un *seul négatif*, une quantité en quelque sorte indéfinie d'images positives.

Ce négatif et son calque (ou positif) s'obtiennent à l'aide d'un *matériel* qui est sensiblement le même pour tous les procédés. Nous devons donc décrire ce matériel tel qu'il existe actuellement en indiquant les transformations dont il a été l'objet. La connaissance exacte du matériel photographique permettra dans bien des cas d'éviter des tâtonnements qui se traduisent par des essais infructueux, alors qu'un peu d'étude aurait permis d'éviter des insuccès imputables seulement à l'ignorance de l'opérateur. « Il ne suffit pas, » en effet, « de posséder de bons objectifs, il faut savoir s'en servir »[1]. Après avoir décrit le *matériel photographique*, nous indiquons comment et dans quelles circonstances il convient de l'employer : tel est l'objet de ce premier volume.

Le second volume est consacré à la description des procédés qui permettent d'obtenir le *négatif*. Les procédés négatifs sur papier, sur verre, basés sur l'emploi de l'albumine, du collodion, des émulsions, etc., sont à peu près abandonnés, et n'ont plus pour ainsi dire qu'une valeur historique depuis l'introduction des plaques préparées à l'aide du gélatino-bromure d'argent. Cependant, quand on désire des clichés d'une grande netteté, il y a avantage à recourir aux anciens procédés que nous décrivons en détail.

Nous avons vu que la lumière, agissant sur certaines substances, produit des réactions chimiques qui se manifestent par des changements de teinte du composé influencé. Certaines de ces réactions sont susceptibles d'être employées dans la pratique, leur étude a permis de les appliquer aux divers modes d'impression des images *positives* : ces procédés sont décrits dans le troisième volume.

1. Van Monckhoven, *Traité d'optique photographique*, p. 11.

Les images photographiques de petite dimension sont le plus souvent faciles à produire, mais on a quelquefois intérêt à les agrandir à une échelle plus considérable. De là, les méthodes d'agrandissements. Ces méthodes sont aujourd'hui extrêmement nombreuses et peuvent dans bien des cas donner de remarquables résultats ; elles sont d'ailleurs utilisées dans certaines applications scientifiques de la photographie. Nous avons réuni l'exposé de ces diverses applications ainsi que les hypothèses faites sur la formation des images photographiques en un quatrième et dernier volume qui terminera notre publication.

---

# LIVRE PREMIER.

---

## PRODUCTION DE L'IMAGE LUMINEUSE.

Pour produire l'image lumineuse qui doit agir sur la plaque sensible, on se sert, le plus souvent, d'appareils nommés *objectifs;* ils permettent d'obtenir sur la surface impressionnable placée dans la *chambre noire* une image plus ou moins réduite des objets extérieurs; nous devons d'abord étudier l'agent, puis les instruments qui nous permettent de former cette image.

---

## CHAPITRE PREMIER

### LA LUMIÈRE.

**19**. La lumière est généralement définie l'agent physique qui provoque l'impression perçue par le nerf optique; cet agent peut être la cause de phénomènes de décomposition ou de recomposition qui servent de base à la photographie. Les sources de lumière sont le soleil, les étoiles, les météores et les transformations diverses que subit l'*énergie* à la surface de la terre. Dans le premier cas, la lumière est dite *naturelle;* elle est *artificielle* dans le second cas. L'étude des propriétés de la lumière constitue une branche de la

physique appelée *optique;* elle a pour objet l'étude des radiations. Nous résumerons les principes d'optique sur lesquels est basée la construction des appareils photographiques.

Certains corps arrêtent complètement les radiations lumineuses, ce sont les corps *opaques;* d'autres sont *translucides* (par exemple le verre dépoli); d'autres enfin, comme le cristal, sont *transparents.*

Dans l'étude des phénomènes produits par la lumière, on admet que cet agent physique se transmet en *ligne droite* dans un milieu homogène. Un *rayon lumineux* est la direction suivant laquelle se propage la lumière partant d'un point quelconque d'un corps lumineux. La réunion des divers rayons lumineux forme un *faisceau.* Si ces divers rayons passent par un même point, le faisceau est dit *homocentrique*, et ce point, sommet du faisceau, est appelé *centre d'homocentricité.* Si l'on suppose que le sommet du faisceau s'éloigne indéfiniment, à la limite, le faisceau sera dit *parallèle.* La *direction* du faisceau sera celle de l'un quelconque de ses rayons.

La position du sommet du faisceau par rapport à une surface et sa section par cette surface suffisent pour le déterminer. On peut donc classer les faisceaux en deux catégories : *faisceau divergent*, si le sommet est en avant de la surface du côté d'où vient la lumière; *faisceau convergent*, si le sommet est après la surface du côté où va la lumière.

Un faisceau peut être *incident* ou *émergent.* Le sommet du premier est un point lumineux *réel*, si le faisceau est divergent; *virtuel,* si le faisceau est convergent. Le sommet du second est une image *réelle*, si le faisceau est convergent; *virtuelle,* s'il est divergent.

**20. Nature de la lumière.** — On admet que la lumière est le résultat des vibrations que les sources lumineuses communiquent en tout sens à l'*éther*, milieu très subtil et très élastique qui remplit aussi les pores de la matière. Ces mouvements vibratoires se propagent comme le son dans l'air (d'après Mallebranche, Gassendi) et viennent ébranler la membrane nerveuse étendue au fond de l'œil. Cette hypothèse, dite *des ondulations,* a été développée par Huyghens, Young, Fresnel, Cauchy, etc.; elle rend compte des faits observés, et a même permis plusieurs fois de prédire des phénomènes inattendus, que l'expérience a ensuite complètement vérifié.

Dans la théorie des ondulations, la lumière n'est pas une matière, pas plus que le son : c'est un mouvement vibratoire excité dans

l'éther. La vitesse de propagation du mouvement vibratoire est donnée par la formule de Newton : $v = \sqrt{\frac{e}{d}}$, $e$ étant l'élasticité, $d$ la densité. L'expérience a prouvé que la lumière se propage avec une vitesse d'environ 300.000 kilomètres par seconde : donc l'élasticité de l'éther doit être très grande et sa densité très faible.

Les mouvements vibratoires de l'éther au lieu de s'accomplir perpendiculairement à la surface de l'onde ou suivant la direction de la propagation ont lieu transversalement à cette direction, comme les ondes formées à la surface de l'eau.

On démontre que de la *rapidité* plus ou moins grande de ces vibrations résultent les différentes *couleurs* ; de leur *amplitude* dépend l'*intensité* de la lumière.

**21. Principes des interférences.** — On appelle longueur d'ondulation $\lambda$ l'espace comprenant l'aller et le retour de la molécule d'éther en vibration. Supposons deux rayons de même intensité ayant des longueurs d'ondulations égales ; supposons qu'elles suivent sensiblement la même route. Représentons par les ordonnées des courbes

Fig. 3.

A, B, C, D... A' B' C' D' (*fig. 3*), les vitesses de vibration qui animent l'éther à un instant donné, aux différents points de ce rayon. Si les vibrations des deux rayons coïncident, leurs intensités s'ajouteront : si l'un des rayons est retardé par rappport à l'autre de $\frac{1}{2}\lambda$ la molécule d'éther se trouvera sollicitée en même temps et avec la même intensité dans deux directions opposées : elle ne vibrera donc pas et par suite il n'y aura pas de lumière : donc la réunion des deux rayons produira l'obscurité ; de même si les deux rayons sont en retard de $(n + 1)\frac{\lambda}{2}$. — Au contraire, si le retard est deux fois $\frac{1}{2}\lambda$ ou

$\lambda$, les intensités s'ajouteraient; de même s'il était $2n$ fois $\frac{1}{2}\lambda$. Le retard se nomme différence de marche.

**22. Diffraction.** — Etant donné un corps opaque, une sphère par exemple éclairée par un point lumineux, il semble, d'après la définition du rayon de lumière, que le cône ayant pour sommet le point lumineux et enveloppant la sphère séparera l'espace situé derrière la sphère en deux régions : l'une éclairée, l'autre obscure; en un mot, que l'ombre projetée derrière la sphère ne diffèrera pas de l'ombre géométrique. Il n'en est rien si les dimensions de la source lumineuse sont assez petites pour qu'on puisse la considérer comme un point. Dans ce cas, il pénètre de la lumière à l'intérieur de l'ombre géométrique, et certaines régions de l'espace extérieur sont obscures. Grimaldi a le premier étudié ces phénomènes sur des rayons ayant traversé une petite ouverture (un très petit diaphragme par exemple) : il leur a donné le nom de *diffraction* (de *diffringere,* séparer en rompant). Les régions de l'espace alternativement brillantes et obscures dans le cas de la lumière simple constituent ce qu'on appelle les *franges;* l'expérience prouve qu'elles sont d'autant plus serrées que les rayons sont plus réfrangibles. Il suit de là que la lumière blanche (composée d'une infinité de rayons simples) donnera des franges irisées; la lumière sera décomposée par *diffraction.* On réalise facilement cette expérience à l'aide d'un réseau, c'est-à-dire à l'aide d'une série d'espaces alternativement transparents et opaques excessivement rapprochés et régulièrement distribués; la lumière traversant un réseau est décomposée. Supposons que nous ayons un réseau tracé sur verre et comprenant par exemple cinquante divisions par millimètre. Appliquons ce dernier à l'ouverture d'une chambre noire, nous constaterons au centre du verre dépoli une image de la fente; de chaque côté, nous aurons un espace noir, puis un spectre ayant le violet en dedans et le rouge en dehors, puis un nouvel espace noir et un nouveau spectre ; le premier est dit spectre primaire, le second secondaire, etc.

**23. Réflexion de la lumière.** — Un rayon lumineux rencontrant un corps poli se divise en deux : une portion pénètre dans le corps, une autre se réfléchit, c'est-à-dire revient du même côté du plan tangent à la surface polie ; ce rayon est appelé *rayon réfléchi;* il est dit

*rayon incident* avant sa rencontre avec la surface. Le *point d'incidence* est le point où il rencontre la surface; l'angle que fait le rayon incident avec la normale à la surface au point d'incidence est l'*angle d'incidence;* l'angle du rayon réfléchi avec la même normale se nomme *angle de réflexion*. Ces angles sont comptés du côté d'où vient la lumière. Le rayon incident et la normale au point d'incidence déterminent le plan d'incidence.

Le phénomène de la réflexion est régi par les deux lois suivantes :

1° Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence ;

2° Le rayon réfléchi et le rayon incident sont situés de part et d'autre de la normale. L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.

**24. Réfraction.**— L'expérience montre que la vitesse de la lumière n'est pas la même dans tous les milieux : cette vitesse change lorsque le rayon change de milieu. Soit un rayon lumineux tombant à la surface d'un corps transparent, une partie du rayon est réfléchie, l'autre pénètre dans le corps : cette partie, en général, ne se trouve pas sur le prolongement du rayon incident ; de là le nom de *réfraction* donné au phénomène (de *refringere*, briser). Le rayon réfracté est le rayon qui se propage dans le second milieu. L'*angle de réfraction* est l'angle que forme le rayon réfracté avec la normale au point d'incidence.

Les lois de la réfraction sont les suivantes :

1° Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence, les rayons, incident et réfracté, étant de part et d'autre de la normale ;

2° Il existe un rapport constant entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = k .$$

Ce rapport est ce qu'on appelle l'*indice de réfraction* du deuxième milieu par rapport au premier. On démontre qu'il est égal au rapport des vitesses de propagation de la lumière dans le premier milieu $v_1$ à la vitesse de propagation dans le deuxième milieu $v_2$, de telle sorte que l'on a

$$\frac{v_1}{v_2} = k .$$

Pour des angles infiniment petits, on peut écrire

$$\frac{i}{r} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Lorsque la lumière traverse une lame transparente à faces planes et parallèles placée dans l'air des deux côtés, la portion du rayon qui entre dans la lame et celle qui en sort sont parallèles. Si les deux faces ne sont pas parallèles, le milieu prend le nom de *prisme*. On appelle *arête* et *angle* du prisme l'arête et l'angle du dièdre formé par les deux faces. Une troisième face plane parallèle à l'arête prend le nom de *base*. Une section principale est produite par un plan perpendiculaire à l'arête.

La déviation $d$ que subit un rayon incident situé dans un plan perpendiculaire à l'arête du prisme d'angle $a$ est donnée par la formule

$$d = (k - 1)a,$$

$k$ étant l'indice de réfraction; le rayon est dévié vers la base du prisme. *Cette formule suppose que l'angle* a *est très petit.*

**25. Dispersion.** — La réfraction n'est pas le seul phénomène produit par un faisceau de lumière blanche tombant sur un prisme. Le faisceau émergent s'étale et présente diverses couleurs : en le recevant sur un écran blanc, on obtient le *spectre solaire*, présentant sept couleurs principales : le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Si le faisceau incident est contenu dans une section principale du prisme, le faisceau émergent s'étale dans cette section principale, le rouge étant la couleur la plus rapprochée de l'arête du prisme, le violet la couleur le plus près de la base.

Les radiations indigo et violettes sont celles qui provoquent le plus rapidement l'altérabilité des composés chimiques sensibles à la lumière; les radiations rouges et jaunes sont les moins actives.

Les diverses couleurs du prisme ont des indices de réfraction différents; on le démontre par l'expérience. La superposition des couleurs du spectre reproduit la lumière blanche; on peut les superposer en les recueillant sur un écran au moyen d'une lentille.

On appelle *pouvoir dispersif* d'une substance le rapport $\frac{k_2 - k_1}{k - 1}$ de la différence $k_2 - k_1$ des indices de réfraction pour les deux

couleurs extrêmes du spectre à l'excès de l'indice de réfraction $k$ de la couleur moyenne sur l'unité.

Si l'on examine un objet à travers un prisme ou une lentille, ses contours paraissent bordés de couleurs bleues ou jaunes : ces couleurs sont dues au phénomène de la dispersion; elles constituent l'*aberration de réfrangibilité*. On peut arriver à détruire sensiblement cette aberration en combinant convenablement deux prismes; les deux prismes sont dits *achromatisés* et constituent un *système achromatique*.

En l'état actuel de la science, l'*achromatisme parfait est irréalisable;* on peut cependant faire que l'image bleue et l'image jaune d'un objet blanc soient confondues : l'objet paraît alors à peu près sans irisation : en combinant trois prismes de trois substances différentes, on pourrait obtenir la superposition de trois couleurs.

Dans un système achromatique, le rayon est dévié vers la base de celui des deux prismes qui est formé du verre le moins dispersif. C'est le prisme le moins dispersif qui doit avoir le plus grand angle

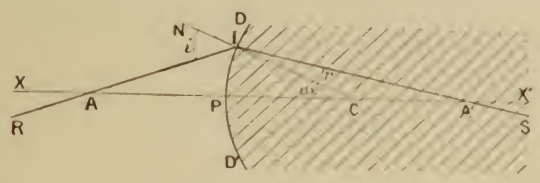



Fig. 1.

Pour la construction des appareils photographiques on cherche à faire coïncider le jaune et l'indigo; on y parvient en prenant des verres spéciaux : crown et flint que l'on associe convenablement.

**26. Réfraction à travers une surface sphérique.** — Soit une surface sphérique (*fig. 1*) séparant deux milieux caractérisés par les vitesses de propagation de la lumière $v_1$ et $v_2$ : l'indice de réfraction du deuxième milieu par rapport au premier est $\frac{v_1}{v_2} = k$.

La perpendiculaire abaissée du centre de la sphère sur la base de la calotte sphérique DD' est l'*axe* de la surface; le point P où cet axe rencontre la surface est le *pôle*. Toute droite passant par le centre est *un axe secondaire*.

On appelle section *méridienne* ou section *principale* toute section

de la surface réfringente et des milieux qu'elle sépare par un plan passant par l'axe principal.

L'*amplitude* d'une surface réfringente peut s'obtenir facilement. Joignons un point I de la circonférence qui limite la surface réfrin-

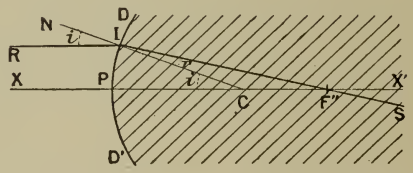



Fig. 5.

gente considérée au centre de la sphère (*fig. 4*) : elle fait un angle $\omega$ avec l'axe principal; cet angle est l'amplitude de la surface. Si l'on veut appliquer la formule $\frac{i}{r} = \frac{v_1}{v_2}$, cette amplitude doit être petite (6° à 8° au plus).

En désignant (*fig. 4*) par $\alpha$ la distance AP, $\alpha' =$ A'P, $\gamma =$ $c$P et $k$ l'indice de réfraction, on démontre que le point A' où le rayon réfracté coupe l'axe est donné par la formule

$$\frac{v_1}{\alpha'} - \frac{v_2}{\alpha} = \frac{v_1 - v_2}{\gamma},$$

formule qui n'est pas modifiée si l'on change $\alpha$ en $\alpha'$ et $v_1$ en $v_2$. On peut écrire aussi

$$\frac{k}{\alpha'} - \frac{1}{\alpha} = \frac{k-1}{\gamma}.$$

Le point A' ainsi déterminé est dit l'image de A.

Si, au contraire, le rayon incident était A'I, le rayon réfracté serait AI, en vertu du principe général de la réversibilité de la lumière.

Les deux points A et A' sont donc tels que chacun d'eux peut être considéré comme étant l'image de l'autre : ces deux *points sont dits conjugués*.

Un exemple de points conjugués est fourni par l'appareil photographique. Mettons au point l'image de la flamme d'une bougie située à quelques mètres de la chambre noire, enlevons la glace dépolie de l'appareil, disposons-la à la place de la flamme, et plaçons la flamme

dans le plan qu'occupait d'abord la glace, nous constatons que dans la nouvelle position du verre dépoli, l'image de la flamme, bien que de grandeur différente à ce qu'elle était primitivement, est cependant nette. Un point de la flamme et le point homologue de son image sont des *points conjugués*.

Un point lumineux et son image sont toujours sur un même axe principal ou secondaire.

Si les axes secondaires (droites passant par le centre de la sphère) font un angle assez petit avec l'axe principal, l'image d'une droite lumineuse, perpendiculaire à l'axe principal, a pour image une droite perpendiculaire à l'axe et limitée aux mêmes axes secondaires.

Le point A considéré comme sommet du faisceau incident peut se mouvoir sur l'axe principal ; la relation qui lie les points conjugués subsiste toujours. Si nous supposons le point A s'éloignant indéfiniment de P, la position de A′ tendra vers une limite que l'on obtient en donnant à $\alpha$ la valeur $\infty$ dans la formule. On obtient ainsi le *point conjugué de l'infini* ou *deuxième foyer principal*. Désignons par $\varrho''$ la distance de ce point F″ à P, (*fig.* 5) la formule devient

$$\frac{r_1}{\varrho''} = \frac{r_1 - r_2}{\gamma}.$$

ou bien :

$$\varrho'' = \frac{k}{k-1}\gamma.$$

En réalité, lorsqu'on considère un faisceau de rayons venant de l'infini, le sommet du faisceau (ou centre d'homocentricité) n'est pas un point par suite de l'*aberration de sphéricité* : cette aberration est négligeable si l'ouverture de la surface réfringente est petite, ce qui n'est généralement pas le cas des instruments photographiques. Nous verrons plus loin comment on corrige cette aberration.

Le point A, au lieu de se mouvoir sur un axe principal, aurait pu se mouvoir sur un axe secondaire : à la limite, on obtiendrait de même un *deuxième foyer secondaire*, situé à la même distance du centre que le deuxième foyer principal. Chaque axe secondaire comprend un foyer secondaire : leur lieu constitue la *deuxième surface focale ;* on peut la remplacer dans le cas où les angles d'incidence et de réfraction sont petits, par le plan tangent à la surface : ce plan est le *deuxième plan focal*.

On peut chercher un point tel que le faisceau incident ayant son sommet en ce point soit transformé en un faisceau parallèle à l'axe : ce point est ce que l'on appelle le *premier foyer principal;* il est *conjugué de l'infini.*

En désignant par $\varphi'$ la distance PF″, on démontre que cette distance

$$\varphi' = -\frac{v_2}{v_1 - v_2}\gamma,$$

ou bien

$$\varphi' = -\frac{1}{k-1}.$$

Le *premier plan focal* est le lieu des points tels que si le sommet d'un faisceau incident coïncide avec l'un d'eux, le faisceau réfracté correspondant est un faisceau parallèle dont la direction est donnée par celle de la droite qui joint le point considéré au centre du système dioptrique.

On appelle *première* et *deuxième distance focale* les quantités $\varphi'$ et $\varphi''$ ; on voit que

$$\frac{\varphi'}{\varphi''} = -\frac{v_2}{v_1} = -\frac{1}{k}.$$

Le rapport de la première à la deuxième distance focale est égal et de signe contraire à l'inverse de l'indice de réfraction du deuxième milieu par rapport au premier.

Les valeurs de $\varphi'$ et de $\varphi''$ étant égales et de signe contraire, on en conclut que les foyers sont toujours de part et d'autre de la surface réfringente.

Si nous désignons par $\lambda$ la distance de A au premier foyer, par $\lambda'$ la distance de A′ au deuxième, nous aurons

$$\lambda\lambda' = \varphi'\varphi''.$$

Le rapport de grandeur de l'image I à un objet O est donné par la relation

$$\frac{I}{O} = -\frac{\varphi'}{\lambda} = -\frac{\lambda'}{\varphi''},$$

ou bien

$$\frac{I}{O} = \frac{\varphi'}{\varphi' - \alpha} = \frac{\varphi'' - \alpha'}{\varphi''}.$$

## BIBLIOGRAPHIE.

C.-M. Gariel, *Etudes d'optique géométrique*. Paris, chez Nony, 1889.

Bouty, *Traité de physique*. Paris, Gauthier-Villars.

H. Pellat, *Cours de physique* (t. II. *Optique géométrique*), 1886. Paris, Paul Dupont, éditeur.

Gavarret, *Les images par réflexion et par réfraction*. Paris, 1870.

Van Monckhoven, *Optique photographique*. Paris, Masson, éditeur.

# CHAPITRE II

## LES LENTILLES.

### § 1. — Généralités.

**27. Définitions.** — Lorsque plusieurs milieux transparents séparés par des surfaces sphériques ont leurs centres sur une même droite ils constituent un *système dioptrique centré* (ou *dioptre centré*). L'axe principal ou *axe* de ce système est formé par la droite qui joint tous les centres de courbure. Une lentille est formée par un milieu transparent limité par deux surfaces sphériques. Une lentille constitue donc un système centré.

Les surfaces qui limitent les lentilles peuvent être convexe, concave ou plane; les deux faces ne peuvent être planes à la fois.

Le cas d'une face plane forme la transition entre une face concave

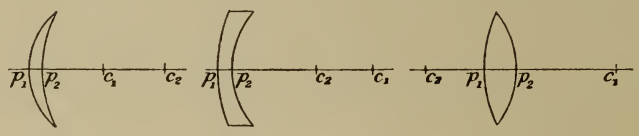



Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

et une face convexe: une face plane peut, en effet, être considérée comme appartenant à une sphère de rayon infini.

Les lentilles peuvent présenter diverses formes.

I. La première face est convexe : le centre $c_1$ est à droite de la lentille;

*a*) La deuxième face est concave; son centre $c_2$ est à droite de la lentille; c'est un *ménisque :* 1° si le rayon de la deuxième face est plus grand que celui de la première, les deux surfaces se coupent et le ménisque est dit *convergent* (*fig. 6*). — 2° Si le rayon de la deuxième face est plus petit que celui de la première, les deux surfaces ne se coupent pas et le ménisque est dit *divergent* (*fig. 7*).

Si la deuxième face est convexe, son centre $c_2$ étant à gauche les deux faces se coupent; la lentille est *biconvexe* (*fig. 8*).

II. La première face est concave, son centre $c_1$ est à gauche de la lentille.

Si la deuxième face est concave, son centre étant à droite de la lentille, les deux faces ne se coupent pas, la lentille est *biconcave* (*fig. 9*).

Si la deuxième face est convexe, son centre $c_2$ étant à gauche, la

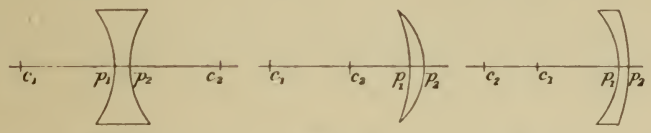



Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

lentille est un ménisque et l'on obtient ménisque *convergent* (*fig. 10*); ménisque *divergent* (*fig. 11*) : ces deux dernières sont identiques, sauf retournement aux formes *figures 6* et *7*.

III. La première face est plane.

Si la seconde face est convexe, c'est la lentille *plan-convexe* (*fig. 12*).

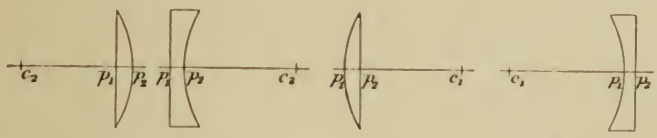



Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

Si la seconde face est concave, on a la lentille *plan-concave* (*fig. 13*).

IV. La deuxième face est plane.

On retombe sur les mêmes formes au sens près (*fig. 14* et *15*).

Il suit de là qu'il peut y avoir six formes de lentilles, les unes plus épaisses à leur partie centrale que sur les bords, ce sont :

1° Lentille biconvexe.

2° Lentille plan convexe.

3° Lentille concave-convexe, ou ménisque convergent, dont la face concave a un rayon plus grand que la face convexe.

Ces trois lentilles constituent les lentilles *convergentes*.

4° Lentille biconcave.

5° Lentille convexe-concave, ou ménisque divergent : le rayon de la face convexe est plus grand que celui de la face concave.

6° Lentille plan concave.

Les trois dernières lentilles sont plus minces au centre que sur les bords; ce sont les lentilles *divergentes*.

L'*axe principal* de la lentille est la droite qui joint le centre des deux sphères.

Le *centre optique* d'une lentille est un point tel que tout rayon qui à l'intérieur de la lentille passe par ce point ou se dirige vers lui sort de celle-ci parallèlement à sa direction d'entrée; ce point est situé sur l'axe principal.

On appelle *axe secondaire* de la lentille une droite passant par le centre optique de la lentille et faisant un angle plus ou moins grand avec l'axe principal.

**28. Fabrication des lentilles photographiques.** — On emploie pour la fabrication des lentilles photographiques un verre homogène, aussi incolore et aussi transparent que possible. Cette fabrication est difficile : pour la préparation du *flint-glass* et du *crown-glass,* qui sont les deux espèces employées en optique, on suit les procédés indiqués par Bontemps et Guinand.

Dans ces dernières années, la fabrique du Dr Schott, à Iéna, a produit des verres que l'on commence à employer avec avantages pour la fabrication des objectifs photographiques.

Le *flint-glass* est un verre alcalin plombeux très réfringent dont la densité est voisine de 4; une des compositions du flint-glass employée par Guinand est la suivante :

| | |
|---|---|
| Silice | 42,50 |
| Oxyde de plomb | 43,50 |
| Potasse | 11,70 |
| Alumine | 1,80 |
| Chaux | 0,50 |
| Arsenic | traces. |

M. Lamy a proposé de remplacer le potassium par une quantité équivalente de thallium. Il emploie la *composition* suivante :

| | |
|---|---|
| Sable | 100,0 |
| Minium | 66,7 |
| Carbonate de thallium | 112 |

Le verre préparé à l'aide de cette formule est facile à fondre et à

affiner; malheureusement, il est légèrement teinté de jaune, ce qui restreint considérablement son emploi en photographie.

Les matières employées doivent être extrêmement pures; on les fond à la houille dans un four rond ne contenant qu'un grand creuset en terre réfractaire dont la forme rappelle celle d'une cornue à col très court. Par le col de la cornue on peut introduire une tige de terre destinée à brasser la masse. La difficulté de fabrication provient de ce que le verre liquide tend à se partager en couches d'inégales densités, ce qui produit des stries qui le rendent impropre aux usages de l'optique. Guinand, en brassant la masse fondue jusqu'à ce qu'elle soit redevenue visqueuse, a empêché cette formation de couches de différentes densités.

On chauffe d'abord le creuset au rouge; après trois heures de chauffe, on introduit 10 à 15 kilogrammes de composition pour l'*enverrer;* une heure après, on enfourne 20 kilogrammes de matière, puis 40 kilogrammes au bout de deux heures, et ainsi de suite pendant dix heures, jusqu'à ce que toute la composition soit chargée; après chaque charge, on referme la gueule du creuset avec son couvercle et on ne recommence que lorsque le charbon du foyer ne donne plus de fumées.

On chauffe alors fortement pendant quatre heures; on débouche le creuset afin d'introduire l'agitateur constitué par un cylindre de terre réfractaire fixée à une barre de fer coudé; on brasse pendant trois minutes, on laisse reposer une heure et l'on attise le feu. Cinq heures après, on fait un second brassage, et à partir de ce moment les brassages se succèdent d'heure en heure, ne durant que quelques minutes. Après six brassages, on ferme le creuset, on couvre le feu avec une forte épaisseur de houille qui se réduit en coke, on laisse refroidir le four pendant deux heures : les bulles s'échappent de la masse pendant ce temps. On active alors le feu et l'on chauffe fortement pendant cinq heures pour redonner au verre toute sa fluidité : il est alors exempt de bulles. On bouche la grille de façon à ce que le four puisse se refroidir, et on commence le grand brassage qui dure deux heures sans discontinuer : un dispositif spécial permet de changer la barre de fer dès qu'elle est chaude sans retirer le cylindre de terre réfractaire. Le four se refroidissant, la matière s'épaissit; quand le brassage ne se fait plus que difficilement, on retire l'agitateur en terre. On bouche le creuset et le four; on abandonne au refroidissement spontané; après huit jours, on *défourne* le creuset,

on le casse, on le sépare avec soin du flint, qui le plus souvent constitue un seul bloc ; on examine le bloc et on le débite.

Le *crown-glass* est un verre à base d'alcali et de chaux ; les compositions qu'on emploie sont très variables : les verres fusibles sont trop alcalins et hygroscopiques ; s'ils sont trop chargés en chaux, ils se dévitrifient très facilement. Voici une des compositions de Bontemps (1867) :

| | |
|---|---|
| Sable | 100,0 |
| Carbonate de potasse | 43,5 |
| Nitrate de potasse | 1,5 |
| Minium | 9,0 |
| Calcaire | 0,5 |

L'opération s'effectue comme pour le flint-glass.

Les fragments extraits de la masse de verre sont examinés et triés. Quelques soins que l'on prenne, le verre du haut du creuset est rarement identique à celui du milieu et à celui de la partie inférieure. On choisit le verre : les plus beaux morceaux sont destinés aux objectifs d'astronomie, la qualité suivante aux objectifs photographiques, la troisième catégorie sert aux lentilles ordinaires ; le restant constitue le déchet que le verrier réunit aux fontes suivantes. C'est de l'emploi de ce déchet que proviennent les différences dans les qualités de matière, différences tellement grandes que le fabricant ne peut jamais garantir exactement la même qualité de verre.

Le verre doit être exempt de bulles autant que possible et surtout de *stries ;* les bulles sont cependant moins nuisibles que les *stries* ou *fils* qui proviennent d'un mauvais mélange des matières vitrifiables. Ces défauts donnant au verre divers pouvoirs réfringents *peuvent altérer* la netteté des images. Nous disons *peuvent,* car une bulle dans un objectif photographique ne doit pas le faire rejeter. Nous connaissons même un bel objectif astronomique de 38 centimètres de diamètre qui possède un *fil* ; ce défaut n'a été aperçu que longtemps après qu'on s'était servi de l'objectif et qu'on l'avait reconnu bon.

Le verre doit être dur et non décomposable à l'air : cette altérabilité empêche l'usage de certaines matières, présentant de grandes qualités, mais dont la conservation est fort problématique.

Les fragments de verre destinés aux objectifs photographiques sont livrés à l'opticien en plaques d'épaisseurs variant de 1 à 5 centimè-

tres ; les verres communs destinés à fabriquer des condensateurs de lanternes ou d'appareils d'agrandissement sont en général ramollis au feu et moulés dans des formes d'argile ou de fer. Le verre livré en disques porte quelquefois des facettes polies qui permettent d'en juger la qualité.

Lorsque ces disques sont trop épais pour l'objet auquel ils sont destinés, on enlève à la pince, sur une des surfaces et par écailles, une bonne quantité de verre afin d'abréger le travail ; on se sert d'abord d'une pince assez forte pour *équarrir*, puis d'une plus mince : cela se nomme *fioner*, en termes du métier. On *dégrossit* ensuite le verre en l'usant avec du grès mouillé dans un outil en fonte dont la courbure est sensiblement la même que celle de l'outil en bronze dans lequel il doit être terminé.

La courbure définitive des lentilles s'obtient en usant le verre avec de l'émeri mouillé sur des calottes ou dans des bassins de cuivre ou de laiton. La calotte convexe sur laquelle on use le verre s'appelle la *balle ;* celle qui est concave est le *bassin*. Ces balles et ces bassins doivent avoir une épaisseur suffisante pour résister à la flexion pendant le travail. En général, pour les objectifs photographiques (dont le diamètre dépasse rarement six pouces), on les coule d'une seule pièce d'une épaisseur suffisante. On fait d'abord le modèle en bois qui sert au moulage et on achève au tour la pièce fournie par le fondeur.

Les surfaces de la lentille doivent avoir les rayons de courbure que lui assignent le calcul : il faut donc que les bassins et les balles présentent ces rayons de courbure. Pour cela, on commence par faire un calibre en traçant sur une plaque de cuivre un arc de cercle d'un rayon correspondant à la courbure que l'on veut donner au bassin ; on découpe très exactement ; on obtient deux calibres, l'un convexe l'autre concave ; on use les courbures l'une contre l'autre avec de l'émeri ; on établit ainsi la courbure convenable. Ces calibres s'appliquent contre le bassin et la balle pendant qu'on les travaille au tour et servent à constater si ces outils ont la courbure cherchée. On n'obtient cette forme qu'en terminant l'usure des bassins l'un contre l'autre avec un peu d'émeri et jusqu'à ce qu'ils se touchent partout : ils sont alors sphériques. La balle et le bassin doivent d'ailleurs de temps en temps être usés l'un contre l'autre pour leur maintenir la courbure qu'ils doivent avoir. Dans chaque atelier d'optique on possède en général plusieurs centaines de paires d'outils

dont les rayons de courbure sont gradués en vue du travail à effectuer. Ces outils sont munis de tige à vis permettant de les fixer soit sur le tour d'opticien, soit sur un arbre mobile pouvant se mouvoir circulairement pour les lentilles de petite dimension, soit dans un écrou fixe.

Pour user le verre on se sert d'émeri plus ou moins fin; on obtient ces divers degrés de finesse par *lévigation*. On met l'émeri dans de grands baquets munis de robinets, on ajoute de l'eau, on remue le mélange, on cesse d'agiter, puis on recueille le liquide; on laisse de nouveau déposer ce liquide tenant en suspension des particules d'émeri et l'on obtient un émeri d'un degré de finesse en rapport avec le temps qui s'est passé avant de laisser écouler le liquide. On emploie en général de l'émeri de 30 secondes, 1, 2, 5, 10, 30 et 60 minutes : les deux derniers servent au *doucissage*.

Les opérations qu'effectue l'opticien sont les suivantes. Il faut : 1° dégrossir le verre ; 2° l'apprêter ; 3° le doucir et le raffiner ; 4° le polir.

L'opération du dégrossissage constitue en quelque sorte l'ébauche du travail. Elle consiste à donner au verre une courbure se rapprochant de celle que doit posséder la lentille terminée. Pour cela, on use la lentille sur une balle ou dans un bassin de fonte de fer avec du grés tamisé et mouillé ; on termine avec de l'émeri n° 1, puis n° 2 ; on place ensuite la lentille sur une molette en bois très élevée, qui se fixe au mandrin du tour, et avec de l'émeri, en se servant d'une plaque de laiton arrondie, on use les bords de façon à lui donner une forme circulaire : cela s'appelle *déborder*.

On fixe alors la lentille à l'aide d'un mélange de poix molle et de cendre répandue en gouttes séparées sur l'une de ses surfaces à une plaque de laiton arrondie et travaillée au tour, de manière à ce que le verre s'y adapte aussi bien que possible. Cette plaque empêche le verre de fléchir sous la pression de la main : l'on commence le *doucissage*.

La lentille fixée sur sa *molette* est tenue de la main droite ; on projette sur l'outil de l'émeri n° 5, puis quelques gouttes d'eau ; on promène la lentille sur l'outil circulairement et régulièrement. Le verre ne doit jamais dépasser les bords de l'outil qui doit être plus grand que le verre ; l'émeri doit toujours être maintenu humide. Quand le verre touche bien sur tous les points la surface de l'outil, on change d'émeri pour employer successivement les n$^{os}$ 10,

30 et 60. Avant d'employer ces deux derniers, l'outil est d'abord *réuni*, c'est-à-dire que la balle et le bassin sont rodés l'un sur l'autre. On prend alors l'outil utile et l'on y met une très petite quantité d'émeri avec un peu d'eau ; la pâte ainsi formée est étalée à l'aide d'un *verre d'épreuve*. Ce verre d'épreuve est un disque de verre présentant la courbure de l'outil: il permet de reconnaître si dans le mélange d'eau et d'émeri il existe le moindre corps étranger. L'émeri étant étalé à l'aide du verre d'épreuve, on dépose sur l'outil la surface à tailler et l'on frotte circulairement. Au bout de quelque temps, le mélange devient pâteux et sec et l'on a peine à mouvoir le verre ; on s'arrête alors. Avec une fine éponge mouillée on enlève l'émeri qui se trouve sur l'outil et sur le verre et on recommence l'opération : quelques opticiens terminent le doucissage par l'emploi de pierre ponce porphyrisée. Après cette opération, la surface du verre présente une *douceur* de grain extrêmement grande: on vérifie le centrage de la lentille. C'est alors que peut commencer l'opération du polissage.

On polit généralement les grands verres sur du papier. Pour préparer un polissoir, on colle sur l'outil, au moyen d'empois d'amidon

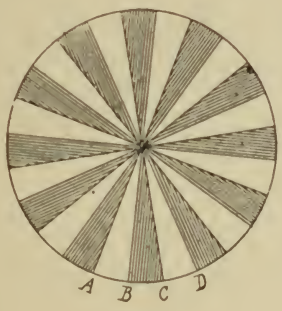



Fig. 16.

et en se servant d'un petit instrument en verre que l'ouvrier fait lui-même et que l'on nomme *coltoir*, une feuille de papier dans laquelle on a coupé certaines parties, comme le représente la figure 16, pour pouvoir lui donner la courbure de l'outil. Cette opération est très délicate, et de sa bonne exécution dépend souvent la qualité de la lentille. Quand le polissoir est bien préparé, on étale à sa surface du tripoli qui permet de commencer le travail, puis on pouce légèrement le papier avec du rouge d'Angleterre humide, on le brosse, et on y étale du rouge fin. On polit la lentille sur le papier ainsi

préparé, soit en frottant le verre circulairement (au tour ou à la main) ou à l'aide d'un mouvement de va-et-vient. Il faut une grande dextérité pour ne pas déformer la surface de la lentille pendant cette opération.

Certains opticiens polissent sur le mastic. On prépare cette composition en fondant un mélange fait par parties égales de poix et de colophane, on chauffe légèrement le bassin ou la balle, on y étend cette composition sur une épaisseur de 3 à 4 millimètres et en *réunissant* l'outil, on égalise les surfaces; on fait durcir le mastic, on répand à sa surface un peu de rouge d'Angleterre très fin et l'on polit la lentille. Si l'on n'exerce pas une pression égale sur la surface de la lentille, certaines portions se polissent avant les autres et la surface peut perdre de sa sphéricité. Pour éviter cet insuccès, certains opticiens ajoutent autour de la lentille qu'ils fixent sur la molette des segments de même rayon de courbure qui absorbent l'excès de rouge anglais. Certains outils portent même ce dispositif. D'autres tracent dans la poix quelques sillons se croisant à angle droit; ces sillons sont destinés à recevoir l'excès de rouge et les fragments de mastic. Pendant le polissage, on *réunit* plusieurs fois l'outil, de façon à lui conserver sa courbure; en un mot, on le *doucit* avec de l'émeri n° 60 et on le lave de nouveau avant de le recouvrir de rouge anglais. Ce procédé est très employé pour polir les petites lentilles, en particulier les lentilles d'objectifs microscopiques. Au lieu de rouge d'Angleterre, on emploie la potée d'étain.

Le polissage au drap (au lieu de papier) est réservé en France aux lentilles de qualité inférieure.

Une lentille est dite *centrée* lorsque les centres de ses deux surfaces se trouvent sur une même droite perpendiculaire à la circonférence qui limite la lentille. Pour s'assurer de l'exactitude du centrage, on monte la lentille sur le tour, on la fait tourner et on observe par réflexion les images d'un point lumineux. Si le centrage est imparfait, l'une des images ou toutes deux décrivent un cercle. On déplace la lentille jusqu'à centrage parfait : dans ce cas, les deux images paraissent immobiles, on rode alors avec l'émeri les bords de la lentille. Pour les grandes lentilles, on emploie des appareils spéciaux et on s'assure de l'égalité d'épaisseur des bords de la lentille.

M. Laurent[1] a imaginé un dispositif basé sur les propriétés des

1. Voyez *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1882.

anneaux colorés qui permet de reconnaître les moindres défauts de centrage d'une lentille : cet appareil est réservé à l'examen des instruments d'optique plus précis que ceux employés en photographie.

Les bords de la lentille doivent former un cylindre parallèle à l'axe de la ou des lentilles qui constituent l'objectif. On réunit, en effet, deux ou trois lentilles convergentes ou divergentes, on les monte dans un *barillet* (anneau de cuivre portant un pas de vis) ; quelquefois elles sont séparées (objectif double à portrait, *rectilinear landscape* de Dallmeyer). Le plus souvent, elles présentent une surface commune et sont collées au baume du Canada, qui présente un indice de réfraction très voisin de ceux des verres. Ce montage, pour être bien exécuté, exige certaines précautions : on chauffe la lentille, on verse un peu de baume dans la surface concave, on y applique la surface convexe, on serre les deux lentilles l'une contre l'autre, en faisant tourner celle qui doit être enchâssée dans l'autre, de façon que l'excès de baume s'écoule ; il faut que les axes optiques des deux lentilles coïncident après cette opération ; on laisse refroidir, et les deux lentilles n'en forment qu'une.

L'ensemble des deux lentilles est alors disposé dans le barillet ; il est maintenu en place par un anneau que l'on peut facilement visser et dévisser. Dans les montures soignées, les lentilles sont *serties* : elles sont alors fixées à demeure. Si l'opération a été bien faite par le tourneur sur cuivre, le centrage que l'on obtient dans un objectif composé de plusieurs lentilles achromatiques est plus parfait que si les lentilles étaient placées dans de simples barillets à vis.

Le calcul des courbures des lentilles nécessite de la part de l'opticien des connaissances approfondies en physique et en mathématiques. Si l'on pouvait obtenir des fabricants verriers des qualités de matières toujours identiques à elles-mêmes, la fabrication se réduirait à un travail ne nécessitant qu'une habileté manuelle. Un premier objectif étant obtenu, il suffirait de mouler au mastic les surfaces des lentilles qui composent l'objectif pour arriver, avec un peu de dextérité, à obtenir des instruments sensiblement identiques au type que l'on veut copier. Malheureusement, il n'en est rien, car le verrier ne livre jamais deux fois de suite la *même fonte* (par suite de la déplorable habitude de mélanger les déchets des fontes précédentes à chaque nouvelle fournée) ; de plus, dans un même creuset, le verre du haut n'est pas identique à celui du bas. Les constantes relatives à chaque matière sont donc à déterminer

chaque fois, et à l'aide de ces constantes il faut calculer les nouveaux rayons de courbure, modifier l'outillage, etc., précautions que prennent seuls les opticiens de premier ordre. Ajoutons que lors même que les matières seraient toujours les mêmes, la fabrication soignée exige tant de précautions qu'il est fort difficile de n'obtenir que de bons objectifs ; aussi les maisons sérieuses, celles dont la réputation est bien établie, rejettent impitoyablement les instruments qui présentent quelques défauts : ces défauts peuvent provenir d'un *doucissage* imparfait, de déformations pendant le *polissage*, d'un *centrage* mauvais, etc., etc. On comprend donc pourquoi la production d'objectifs corrects nécessite des connaissances spéciales, des soins minutieux et des travaux que l'acheteur doit forcément rémunérer s'il veut acquérir des instruments pouvant être avantageusement utilisés.

### § 2. — PROPRIÉTÉS DES LENTILLES.

**29.** Nous avons vu que les lentilles pouvaient se diviser en lentilles convergentes et lentilles divergentes. Ces lentilles, supposées infiniment minces, ont un *centre optique*, point tel que tout rayon qui à l'intérieur de la lentille passe par ce point ou se dirige vers lui sort de celle-ci parallèlement à sa direction d'entrée.

Dans les lentilles biconvexe et biconcave, le centre optique est à l'intérieur de la lentille : dans les lentilles plan convexe ou plan concave, il est sur la face bombée ; pour les ménisques convergents ou divergents, il est en dehors de la lentille du côté le plus bombé. Les propriétés des lentilles *minces* (c'est-à-dire des lentilles dont l'épaisseur est assez faible eu égard aux distances de l'objet ou de l'image à la lentille pour qu'on puisse négliger l'épaisseur de cette lentille), sont assez simples et peuvent se déduire des principes généraux de la réfraction que nous avons rappelé plus haut : elles permettent d'exposer simplement les lois générales ; quant aux applications pratiques, on est obligé de tenir compte de l'épaisseur, sans quoi les erreurs que l'on commet sont de l'ordre des aberrations à détruire.

Une lentille étant un système dioptrique centré possède deux foyers : nous appellerons *premier foyer principal* celui des deux foyers où doit être placé un point lumineux pour que son image se forme à l'infini ; le *deuxième foyer principal* est celui où se forme l'image d'un point situé à l'infini sur l'axe principal.

Un *plan focal* est un plan perpendiculaire à l'axe principal et passant par l'un des deux foyers principaux. Un objet plan, situé assez loin pour être considéré comme à l'infini, donne son image dans le *deuxième plan focal* (plan du verre dépoli des photographes). Un objet placé dans le premier plan focal donne son image à l'infini ; par conséquent, les rayons émis par un point du premier plan focal sortent du système parallèlement entre eux.

En supposant que sur l'axe optique d'une lentille (ou sur une droite paral-

lèle à l'axe) on fasse mouvoir un point lumineux, le point lumineux et son image se déplaceront toujours dans le même sens.

Il existe dans un système centré quelconque deux points conjugués tels que tout rayon incident qui passe par le premier donne un rayon émergent passant nécessairement par le second et parallèle au rayon incident. Listing a appelé ces points *points nodaux*[1].

Examinons les divers cas qui peuvent se présenter dans la formation des images par les lentilles minces; nous nous occuperons seulement des cas les plus communs dans la pratique photographique.

**30. Lentilles convergentes infiniment minces.** — L'objet est réel : il est placé en avant du premier plan focal : dans ce cas, on obtient une image réelle. En désignant par $f_1$ la première distance focale principale, par $f_2$ la deuxième distance focale, $p$ la distance de l'objet, $p'$ la distance de l'image, on a :

$$\frac{f_1}{p} + \frac{f_2}{p'} = 1.$$

La relation suivante existe entre la grandeur $o$ de l'objet et celle $i$ de l'image :

$$\frac{i}{o} = \frac{f_1}{f_2}\,\frac{p'}{p}.$$

Si nous supposons que les milieux qui baignent les deux faces de la lentille sont identiques, c'est le cas habituel des objectifs photographiques (mais non des objectifs de microscope), $f_1 = f_2$ et les formules deviennent :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \qquad \frac{i}{o} = \frac{p'}{p}.$$

2° L'objet est réel : il est placé entre le premier plan focal et la lentille; l'image est virtuelle.

3° L'objet est virtuel (dans le sens que nous avons attaché à l'expression *faisceau virtuel*); la lentille donne alors une image réelle.

**31. Lentilles épaisses.** — Les formules sont les mêmes pourvu qu'on compte les distances de l'objet ou de l'image, non à partir d'un même plan, mais à partir de deux plans fixes, distincts, perpendiculaires à l'axe principal et qu'on appelle *plans principaux*. C'est à Gauss que l'on doit la notion de ces *plans principaux*[2]. Il suppose que la lentille est épaisse, mais que les rayons incidents ne sont pas très distants de l'axe principal : dans ces conditions, la direction de chacun des rayons incidents parallèles à l'axe principal coupe la direction du rayon émergent correspondant sur un

1. Biot (*Astronomie physique*, 1841, t. I, p. 473), les avait appelés *centres conjugués*.
2. En 1840. (Voyez Bravais, *Annales de chimie et de physique*, t. XXXIII.)

même plan perpendiculaire à l'axe principal ; ce plan est appelé *plan principal.*

De même qu'il y a deux foyers principaux, il y a aussi deux plans principaux : le *premier plan principal* est celui qui correspond au premier foyer principal, le *second plan* principal est celui qui correspond au second foyer principal, les *points principaux* sont ceux où l'axe principal rencontre les plans principaux.

Les deux plans principaux sont généralement distincts : ils sont conjugués; l'un est l'image de l'autre.

**32. Éléments cardinaux.** — Une lentille est complètement définie par la connaissance de ses *éléments cardinaux,* qui sont : 1° l'axe optique ;

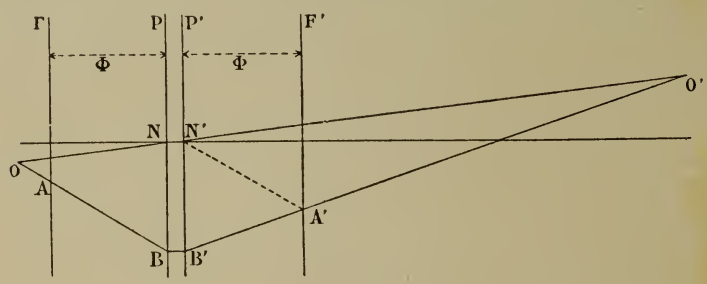



Fig. 17.

2° les deux plans principaux d'incidence P, d'émergence P', et 3° les deux plans focaux d'incidence F', d'émergence F'', situés à la même distance du plan principal correspondant (*fig. 17*).

**33. Formule de Newton.** — Désignons par $\varphi$ la distance de l'objet au premier foyer principal, par $\varphi'$ la distance de l'image au second foyer principal, on a :

$$\varphi\varphi' = f_1 f_2.$$

Si $f_1 = f_2$, on a $\varphi\varphi' = f_1^2$.

**34. Points nodaux dans les lentilles épaisses.** — On appelle *points nodaux* deux points situés sur l'axe principal obtenus en portant à partir de chacun des foyers principaux, et du côté du plan principal correspondant, une longueur égale à l'autre distance focale. La *distance* des deux points nodaux (appelée *interstice* par Listing) est la même que la distance des deux plans principaux.

Tout rayon incident qui se dirige vers le premier point nodal (correspondant au premier foyer principal) donne naissance à un rayon émergent dont la direction passe par le second point nodal et qui est parallèle au rayon incident. De même tout rayon incident qui donne naissance à un rayon émergent parallèle à lui passe par le premier point nodal, et le rayon émergent par le second point nodal. Ces deux points N et N' (*fig. 18*) jouent donc le rôle que l'on attribue au *centre optique* dans la théorie des lentilles

minces. Dans les objectifs photographiques, le *point nodal* d'émergence N est le *point de vue perspectif* de la photographie.

Quand les deux faces d'un système optique sont plongées dans l'air, les points nodaux se confondent avec les points principaux, puisque la distance d'un point nodal au point principal correspondant est égal à la différence des deux distances focales.

**35. Plans principaux.** — Désignons par $\alpha$ la distance du premier point nodal à la surface de la lentille ($\alpha > o$ si le point nodal est en avant de cette face, $\alpha < o$ s'il est en arrière). R et R′ les rayons de courbure de la

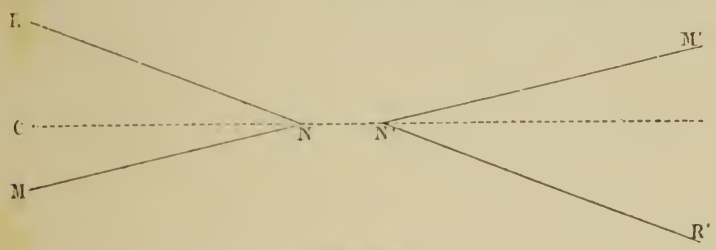



Fig. 18.

première et de la seconde face, $e$ l'épaisseur de la lentille, $k$ l'indice de réfraction par rapport à l'air de la substance de la lentille, on démontre que l'on a :

$$\alpha = \frac{eR}{k(R' - R - e) + e}.$$

Pour le second point nodal (en supposant $\alpha' > o$ si le second point est en arrière de cette face et $\alpha' < o$ s'il est en avant), on a :

$$\alpha' = \frac{-eR'}{k(R' - R - e) + e}.$$

Ces formules indiquent la position des plans principaux pour chaque forme de lentille. En particulier, pour une lentille biconvexe ou biconcave, les plans principaux sont à l'extérieur ; pour une lentille plan convexe ou plan concave, l'un des plans principaux est tangent à la face courbe ; pour un ménisque, un des plans principaux est toujours en dehors de la lentille, du côté de la face qui a la plus forte courbure.

Pour des lentilles de même épaisseur, quelle que soit leur forme, la distance des deux plans principaux est sensiblement la même. Cet interstice $d$ peut se calculer par la formule

$$d = e + \alpha + \alpha'$$

et, par suite, pour les lentilles de verre peu épaisses $d = \frac{k-1}{k} e$, la distance des deux plans principaux est indépendante de la forme de la lentille.

Si $k = \frac{3}{2}$, $d = \frac{e}{3}$ : l'insterstice est le tiers de la longueur.

**36. Mesure de la longueur des foyers principaux.** — Il existe un grand nombre de procédés pour mesurer la longueur des foyers principaux d'une lentille ou d'un système de lentilles; le plus précis est, sans contredit, celui qu'a fait connaître M. Cornu[1]. Il présente une certaine analogie avec celui qu'avait indiqué M. Ad. Martin[2], mais la marche indiquée par M. Cornu fournit des vérifications qui augmentent singulièrement la précision des observations; elle permet de fixer sur l'axe principal du système quatre points : les deux *foyers principaux* et les deux *points nodaux*.

Ces foyers principaux (*fig. 19*) F et F′ sont les points de convergence des rayons parallèles à l'axe du système; les points nodaux N et N′ sont les

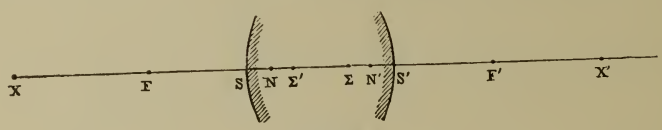



Fig. 19.

images virtuelles du centre optique, vues par un observateur placé d'un côté ou de l'autre du système; les distances NF, N′F′ sont égales à la distance focale principale $f$ (foyer absolu de l'objectif), et les distances $xx'$ de deux foyers conjugués quelconques XX′ aux foyers principaux correspondants sont liées entre elles par la relation de Newton

$$xx' = f^2.$$

Nous admettons que l'on compte $x$ et $x'$ dans le même sens, ce qui est indispensable pour établir la correspondance des trois points X, F, N, X′, F′, N′. Pour se rendre compte des positions relatives de ces divers points, supposons un point lumineux X situé à l'infini et avançant de X vers X′ : le verre dépoli étant placé de l'autre côté du système, nous obtiendrons en F′ un foyer principal; ce foyer sera l'origine des $x'$. A mesure que le foyer lumineux s'approche du système, on est obligé d'éloigner le verre dépoli : $x'$ augmente. Le point lumineux arrivant en F, la position du verre dépoli serait rejetée à l'infini et $x = o$, car F est l'origine de $x$. A partir de ce moment, le foyer conjugué est virtuel : il a passé à gauche du système; il faut compter $x$ négativement par rapport à F′ qui est son origine, tandis que $x$ est positif si on le compte relativement à F. Le foyer lumineux atteint la première surface S : là il est matériellement arrêté. Mais on peut supposer qu'au lieu d'un point lumineux réel, on prendra comme source lumineuse le point de concours de rayons concentrés par un système optique quelconque; de cette manière, le point lumineux peut atteindre jusqu'au centre optique, c'est-à-dire jusqu'à un point tel que tout rayon entrant par la première surface du système émerge parallèlement à sa direction à sa

1. *Journal de physique de d'Almeida*, t. VI, 1877, p. 276.
2. *Annales de chimie et de physique*, 1867, p. 385.

sortie de la dernière. L'image virtuelle du centre optique pour l'observateur, toujours situé du côté de la dernière surface, est le point nodal N.

Les trois points correspondants N′, F′, X′ sont donc ainsi définis; on obtiendrait de même la correspondance des trois autres points N, F, X.

Pour déterminer $f$, on cherchera la position des foyers principaux F et F′ en tournant successivement les faces du système vers un objet situé à l'infini, et l'on observera de l'autre côté du système le foyer des rayons conjugués, puis on placera un objet à une distance $x$ d'un des foyers principaux, et on observera la distance $x'$ du foyer conjugué à l'autre foyer principal; le produit $xx'$ donne le carré $f^2$ de sa distance focale principale cherchée. Cette méthode est susceptible d'une très grande précision; l'erreur relative commise sur la distance focale est la moyenne des erreurs relatives commises sur les coordonnées $x$ et $x'$ des foyers conjugués.

Afin d'obtenir plus d'exactitude, on prend pour $x$ et $x'$ deux points très voisins des points nodaux; on choisit : 1° les pôles extérieurs du système optique donnés; 2° leurs images observées à travers la surface opposée. Avec un pinceau et de l'encre de Chine délayée dans un peu d'eau gommée, on trace sur le milieu d'une des surfaces (il est très utile que ce trait coïncide avec le pôle ou sommet de la surface) un petit trait S, et l'on mesure la distance $\varepsilon'$ de son image $\Sigma'$ vue à travers la surface S′ au sommet S′ sur laquelle on a tracé également un petit trait. On a au préalable mesuré $FS = d$, $F'S' = d'$.

S servant de foyer lumineux, $\Sigma'$ est son foyer conjugué; on a

$$d(d' + \varepsilon') = -f^2.$$

De la même manière, en retournant le système optique, on peut observer le trait S′ à travers la surface S, c'est-à-dire son image $\Sigma$, et mesurer la distance $S'\Sigma' = \varepsilon$; on aura de même

$$d'(d + \varepsilon) = -f^2.$$

On détermine ainsi de deux manières la distance focale principale $f$. Connaissant la valeur de $f$, en la portant en sens convenable, à partir de F et

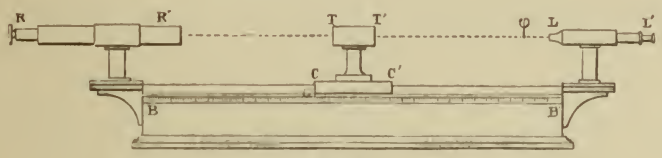



Fig. 20.

de F′ sur l'axe principal, on détermine alors les points nodaux N et N′.

Pour effectuer ces déterminations, M. Cornu emploie l'appareil suivant (*fig. 20*), dont la disposition se comprend à la simple inspection de la figure

BB′ banc en fonte rabotée,

CC′ chariot sur lequel on place l'objectif; ce chariot est mobile le long d'une règle divisée,

RR′ collimateur muni d'une fente ou d'un diaphragme portant un réticule.

Les opérations à effectuer sont extrêmement simples :

1° On centre la lentille à étudier dans le tube TT′, et on dirige l'axe principal de l'appareil sur un objet situé à plusieurs centaines de fois la distance focale présumée de l'objectif; on fait voyager le chariot CC′ jusqu'à ce que l'image de cet objet formée par le système optique vienne se faire en $\varphi$ au plan de visée du microscope LL′. Lorsque la coïncidence de l'image est aussi parfaite que possible, on lit la position de l'index sur la règle, soit $z'_0$ cette lecture.

2° On rapproche le chariot jusqu'à ce que le point tracé sur la surface la plus voisine soit perçu nettement dans le microscope; on lit la nouvelle position de l'index; soit $z'_1$ cette lecture.

3° On rapproche davantage le chariot jusqu'à voir distinctement dans le microscope le point tracé sur la surface opposée du système; soit $z'_2$ la nouvelle position de l'index; par hypothèse, l'objet visé étant suffisamment éloigné, on a

$$d' = z'_1 - z'_0, \qquad d' + \varepsilon' = z'_2 - z'_0.$$

4°, 5°, 6°. On retourne l'objectif à essayer *bout pour bout* et l'on fait les trois lectures analogues $z_0$, $z_1$, $z_2$. On a alors

$$d = z_1 - z_0, \qquad d + \varepsilon = z_2 - z_0,$$

d'où l'on conclut

$$f^2 = +(z_1 - z_0)(z'_2 - z'_0), \qquad f^2 = +(z'_1 - z'_0)(z_2 - z_0).$$

Ces deux valeurs doivent être les mêmes. Le retournement bout pour bout ayant changé le sens des valeurs positives pour chaque foyer principal, on met le signe +. On a donc une vérification dans la pratique. Ce procédé est applicable à la mesure du foyer principal de tous les systèmes optiques.

M. Ad. Martin[1] opère différemment. Son procédé est basé aussi sur l'emploi de la formule de Newton, qu'il énonce ainsi : Si l'on prend, d'une part, la distance du point lumineux à la position qu'il devrait occuper pour que ses rayons devinssent parallèles après réfraction, et, d'autre part, la distance de l'image à la position qu'elle aurait occupée si les rayons avaient été parallèles avant réfraction, le produit de ces deux distances est constant.

Pour déterminer la position des plans focaux principaux, M. Martin compte les distances à partir de la première surface que rencontrent les rayons lumineux. Il emploie un banc ou table munie d'une règle divisée. Il fixe la lentille sur un support portant un trait de repère que l'on amène au zéro des divisions de la règle; on établit sur un petit support une aiguille en contact avec le sommet (pôle) de la première surface du premier verre. On recule ensuite celui-ci jusqu'à ce qu'en visant l'aiguille à travers la lentille, à l'aide d'une lunette ajustée pour les objets situés à l'infini, on voie nettement la pointe de l'aiguille; celle-ci est alors dans le plan focal principal du système, et la quantité dont a dû reculer l'objectif mesure la distance de ce plan *au sommet* de la surface.

1. *Ann. de chimie et de physique*, 4e série, vol. X, 1876, p. 447.

Une aiguille mise en contact central avec la dernière surface du système sera reculée jusqu'à ce que la lunette, reportée en sens contraire de sa position première, en donne l'image bien nette : elle déterminera le deuxième plan focal.

On aura mesuré la course de l'aiguille dans ce deuxième cas, et un compas d'épaisseur donne d'ailleurs la distance des surfaces extérieures du système. Si les aiguilles sont fixées sur des supports dont le déplacement puisse être mesuré sur la règle, elles pourront tenir lieu de compas d'épaisseur.

Les positions des plans focaux étant connues par rapport aux surfaces, on mesurera la longueur focale principale. A cet effet, on reculera le système de sa position actuelle d'une quantité comme $\varphi$. L'aiguille antérieure se trouvera ainsi en avant du foyer de cette quantité $\varphi$ : puis on reculera l'aiguille postérieure de manière à l'amener au point de l'espace où se forme l'image renversée de la première, et cela avec assez d'exactitude pour qu'en plaçant l'œil latéralement cette superposition ne cesse pas d'exister.

La lecture de la course de la deuxième aiguille, à partir de son plan focal, donnera $\varphi'$, et comme les milieux extrêmes sont identiques, puisque les deux aiguilles sont dans l'air, $\varphi = \varphi'$.

$$\varphi\varphi' = f^2.$$

En retranchant de $f$ la distance de chaque aiguille à la surface correspondante, on aura la distance du point nodal correspondant à l'intérieur du système.

En donnant une nouvelle valeur à $\varphi$, on aura une nouvelle valeur de $\varphi'$ et on vérifiera la valeur de $f$.

**37. Convergence d'une lentille ; dioptrie.** — La *convergence* d'un système optique centré est par définition l'inverse de sa distance focale (inverse de la distance du second foyer au second plan principal).

On évalue la convergence d'un système à l'aide d'une unité spéciale, la *dioptrie*, que l'on peut définir : la *dioptrie* est la convergence d'un système dont la distance focale est 1 mètre. Par conséquent, en évaluant la distance focale d'un système en mètres, l'inverse de ce nombre représente sa convergence en dioptries. Si le système est divergent, sa convergence est négative.

Soit un système optique de 5 centimètres de distance focale, la convergence est $\frac{1}{0{,}05} = 20$ dioptries.

Dans le cas de plusieurs lentilles placées l'une contre l'autre, la convergence du système est égale à la somme algébrique des convergences des lentilles ; ainsi un objectif achromatique formé d'un système de lentilles convergentes de $+5$ dioptries et d'une lentille divergente de $-3$ dioptries a une convergence de $+2$ dioptries.

## § 3. — DES ABERRATIONS.

**38. Aberration sphérique ; caustiques.** — Nous avons jusqu'à présent considéré des lentilles de peu d'amplitude ; dans ce cas, tous les rayons issus d'un point lumineux coupent l'axe sensiblement au même point et le

faisceau émergent est sensiblement homocentrique. Cette propriété n'est rigoureusement exacte que lorsque les rayons considérés sont infiniment voisins, que si l'ouverture de la surface réfringente est petite; dans les autres cas, les rayons réfractés sont distribués d'une façon spéciale. Gergonne a démontré qu'après un nombre quelconque de réflexions ou de réfractions par des surfaces de forme quelconque, les rayons issus d'un point lumineux sont normaux à une même surface. Ce théorème sert de base à la théorie des *caustiques*.

Quand les rayons émanant d'un point lumineux tombent sur la surface plane ou courbe qui sépare deux milieux transparents, il existe toujours sur cette surface deux systèmes de courbes, dites *lignes de réfraction*, telles que tous les rayons réfractés sur une même courbe forment une surface développable en se coupant deux à deux. L'ensemble des arêtes de rebroussement des surfaces développables correspondant à un même système de courbes forme une *surface caustique* de réfraction ou *diacaustique*. Les intersections des deux diacaustiques forment des *lignes focales*, ou des foyers quand ce sont des points.

La considération des *lignes focales* est due à Sturm. On peut montrer leur existence par l'expérience suivante. On fait pénétrer dans une chambre noire un faisceau de rayons solaires passant par un petit trou : on reçoit le faisceau sur une fiole en verre pleine d'eau qui réfracte le faisceau d'une façon très irrégulière. Sur la face postérieure de la fiole on a collé une feuille de papier opaque percée d'une petite ouverture. En écartant plus ou moins une feuille de papier blanc sur laquelle on reçoit le faisceau réfracté, on trouve deux positions pour lesquelles la tache lumineuse formée par le faisceau devient linéaire. Ces deux lignes lumineuses sont perpendiculaires entre elles comme le veut la théorie.

La forme de la caustique peut s'observer facilement quand on fait passer les rayons solaires à travers une lentille à grande ouverture : si l'air est troublé par de la poussière ou de la fumée, on aperçoit la caustique qui est très effilée à son extrémité.

En recevant l'image solaire sur un écran on reconnaît qu'autour de l'image la plus nette possible du soleil se trouve une auréole. Cette auréole constitue l'*aberration de sphéricité* transversale : elle provient de ce que les *rayons centraux* (voisins de l'axe) coupent l'écran en des points différents de ceux formés par les *rayons marginaux*. Le *diamètre* de ce cercle constitue l'*expression de l'aberration sphérique* transversale. On appelle aberration *longitudinale* la distance qui sépare le foyer des rayons centraux du foyer des rayons marginaux.

L'aberration longitudinale est considérée comme *positive* quand le point de concours des rayons marginaux est en avant du point de concours des rayons centraux; elle est *négative* quand il est en arrière; elle augmente comme le carré du diamètre de l'ouverture; elle varie en raison inverse de la distance focale.

L'aberration sphérique varie en raison inverse de la valeur de l'indice de réfraction du verre de la lentille. Quand le diamètre de la lentille n'est pas supérieur au quinzième de sa distance focale, l'aberration sphérique est très faible, sensiblement nulle. L'aberration transversale est proportionnelle *au cube* de l'ouverture et en raison inverse de la distance focale.

**39. Destruction de l'aberration sphérique.** — En réduisant l'ouverture de la lentille par un diaphragme, on diminue l'aberration de sphéricité qui est un défaut causant le manque de netteté de l'image ; mais jamais le diaphragme ne détruit complètement l'aberration de sphéricité.

Un système optique qui donne d'un point lumineux une image dépourvue d'aberration de sphéricité est dit *aplanétique*. On ne peut réaliser l'aplanétisme rigoureux que pour un seul point lumineux.

Pour corriger l'aberration des lentilles convergentes, on leur associe des lentilles divergentes et réciproquement. On conçoit aisément que, étant donné une lentille convergente C, si on lui associe une lentille divergente D.

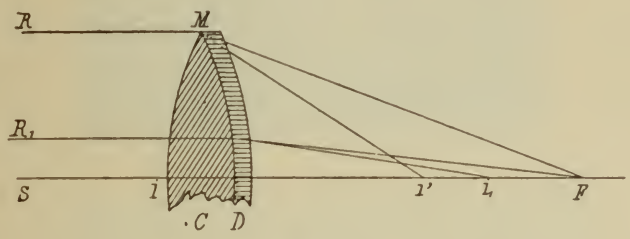



Fig. 21.

de rayons de courbure convenablement choisis, les rayons centraux tels que SI ne seront pas déviés, tandis que la marche des rayons tels que RM sera fortement modifiée (*fig. 21*).

Les deux lentilles peuvent être collées ensemble ou bien être séparées par un anneau; la nature du verre est généralement différente pour les deux lentilles, parce que le plus souvent la lentille ajoutée a aussi pour but de corriger l'*aberration chromatique*.

Quand l'image d'un objet n'est pas trop grande, si les aberrations sont rigoureusement nulles pour un de ses points, elles sont tellement faibles pour les autres qu'en pratique l'image est d'une netteté suffisante, si ce n'est pour les pinceaux très obliques à l'axe. Dans ce cas, on réduit l'aberration sphérique à un minimum par l'emploi d'un diaphragme.

On peut se proposer de chercher l'équation d'une surface réfringente qui donne d'un point une image sans aberrations. Ces surfaces sont difficiles à réaliser dans la pratique.

**40. Courbure du champ ou aberration de forme de l'image.** — L'image d'un objet plan se forme dans un plan parallèle quand l'objet s'écarte très peu d'un axe qui lui est perpendiculaire, cet axe se confondant sensiblement avec l'axe principal.

S'il n'en est pas ainsi, s'il y a des points qui s'écartent notablement de l'axe, les images des divers points de l'objet ne sont pas dans un même plan : l'image est courbe, de là une cause de déformation des images. L'image (*fig. 22*) ne saurait donc être reçue sur un plan à moins de sacrifier la netteté des points A, C.

**41. Définition de la netteté.** — Il résulte des aberrations de sphéricité

que l'image de deux points infiniment rapprochés ne peut être obtenue sans que l'un des points empiète sur l'autre : il y aura confusion des deux images, car l'image d'un point est représentée par une surface. Quelles sont les dimensions minima de cette surface pour que la séparation de deux points ait lieu à la distance de la vision distincte? La surface par laquelle

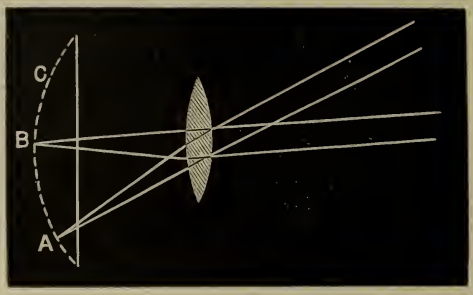



Fig. 22.

l'image du point est représentée s'appelle *cercle de confusion minima*. Le diamètre de ce cercle ne doit pas dépasser à $0^{m}00025$ pour que nous ayons une *image nette*. Il est clair que cette définition ne présente rien d'absolu: elle concerne des images examinées par un œil normal. Nous verrons, en traitant de l'emploi des objectifs photographiques, comment on peut, suivant les circonstances (clichés destinés à être agrandis), modifier cette netteté par l'emploi des diaphragmes.

**42. Profondeur de foyer.** — La profondeur de foyer est une propriété des lentilles de donner une image nette de points situés à des distances diffé-

Fig. 23.

rentes de la lentille. Le point conjugué de tout point distant de la lentille de cent fois sa longueur focale est très près du foyer principal, et tous les points au delà de cette distance font leur image sensiblement au même point. Par conséquent, si l'on reçoit l'image sur un verre dépoli, on pourra faire mouvoir d'une très petite quantité ce verre dépoli sans que l'image perde d'une façon visible de sa netteté.

La profondeur de foyer varie avec l'ouverture de la lentille. Soient des rayons parallèles et des rayons venant d'un autre point plus rapproché de

la lentille, les premiers rayons font leur image au foyer principal, les autres au delà de ce foyer par rapport à la lentille. Tout plan situé entre les deux ne donnera d'images nettes que lorsque les cercles de confusion auront un diamètre inférieur à 0m0025. Si nous mettons au point l'objet éloigné, l'image du point rapproché (*fig. 23*) sera représenté par un cercle de largeur *ab*.

Supposons la lentille aplanétique et plaçons un diaphragme en avant de la lentille : les angles des rayons formant les images seront diminués et entre les deux points éloignés se trouvera un plan sur lequel les cercles de confusion des images des deux points seront d'un diamètre inférieur ou égal à 0m0025. Dans ces conditions l'*image sera nette*, et si le diaphragme (*fig. 24*) est assez réduit, elle pourra l'être sur une certaine distance; on pourra donc avancer ou reculer le verre dépoli d'une petite longueur.

La profondeur de foyer varie donc avec l'*ouverture* de la lentille et la distance des objets; elle varie aussi suivant la forme des combinaisons optiques constituant l'objectif.

Parmi les lentilles simples, les ménisques convergents armés d'un diaphragme convenablement placé sont celles dont le champ est le moins

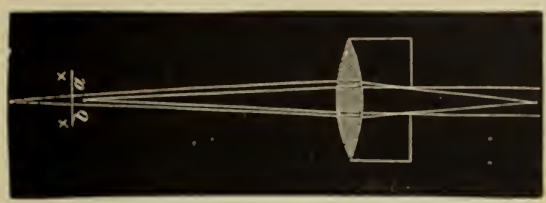



Fig. 24.

courbe, pourvu que l'on fasse présenter leur face concave à l'objet à reproduire. Si l'on se contente d'une amplitude de 10 à 15°, le champ est complètement plat. Pour obtenir une amplitude plus considérable, on devrait théoriquement associer au ménisque convergent une lentille négative présentant une courbure de champ en sens inverse : la courbure du champ donné par une telle lentille serait renversée parce que les rayons marginaux auraient une distance focale plus grande que les rayons centraux. En pratique, à cause de l'achromatisme, on associe une lentille convergente à une lentille divergente, comme nous le verrons en traitant des objectifs simples.

**43. De la distorsion.** — On observe facilement le phénomène connu sous le nom de distorsion en examinant l'image d'une surface quadrillée (*fig. 25*); si l'on emploie pour cet objet une lentille simple, on constate que le quadrillé est déformé : les lignes droites sont courbées, de là le nom de *distorsion*.

L'image présente l'aspect de l'une des figures suivantes (*fig. 26* et *27*), soit que l'on emploie une lentille divergente, soit que l'on emploie une lentille convergente.

Cette aberration provient de l'épaisseur de la lentille : suivant que le rayon

incident tombe plus ou moins loin du bord, il y a distorsion. On corrige cette aberration à l'aide du diaphragme. La distance varie suivant la position du diaphragme. S'il est en contact avec la lentille, l'image est sensiblement

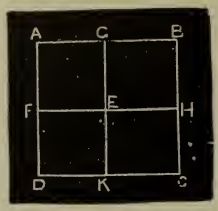



Fig. 25.

exempté de distorsion, puisque les bords de la lentille n'interviennent pas pour la formation de l'image : plus le diaphragme est rapproché de la lentille, plus les rayons incidents obliques passent près du centre de figure de la lentille.

L'objectif simple employé en photographie muni d'un diaphragme en avant donne la distorsion en barillet (*fig. 26*) ; en plaçant le diaphragme entre l'objectif et la glace dépolie la distorsion serait inverse (*fig. 27*).

Il résulte de là qu'en employant pour la formation des images deux lentilles identiques disposées *symétriquement* par rapport au diaphragme,

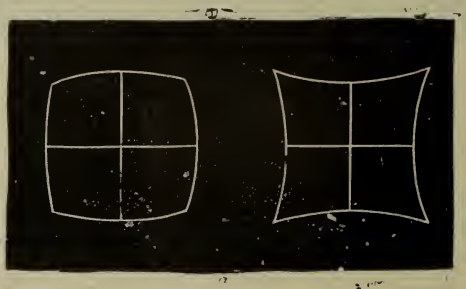


Fig. 26 Fig. 27.

l'une produisant la distorsion en forme de barillet, l'autre en forme de croissant, ces deux défauts s'annuleraient, et on aurait une reproduction dans laquelle les lignes droites seraient conservées : c'est là l'un des principes qui préside à la fabrication des objectifs *symétriques*. L'aberration sphérique d'un tel système établi avec les anciennes formes de lentilles était considérable ; on est parvenu aujourd'hui à réduire cette aberration.

**44. De l'astigmation.** — L'astigmation peut se démontrer par une expérience fort simple. Mettons au foyer l'image du soleil sur une feuille de papier, nous pourrons obtenir une image nette : tournons la lentille de façon à ce que son axe fasse un angle considérable avec la direction des rayons solaires, dans cette nouvelle position il sera impossible de mettre au point.

La figure 28 permet de se rendre compte de ce phénomène.

Elle montre, en effet, qu'il y a deux distances focales de la même lentille pour les rayons parallèles obliques à l'axe et tombant parallèlement entre eux à la surface de la lentille : l'une des distances focales est dans le plan

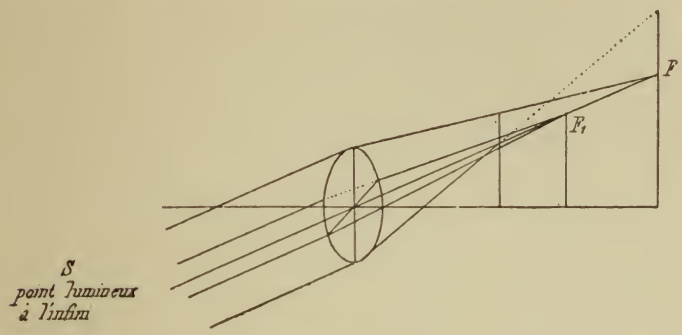



Fig. 28.

passant par l'axe principal de la lentille et le point rayonnant; l'autre passant par le point rayonnant, le point nodal d'émergence et perpendiculaire au premier.

On ne peut détruire complètement l'astigmatisme pour les rayons très obliques à l'axe, car la différence entre le foyer primaire et le foyer secondaire ne peut être nulle. En pratique, on réduit l'astigmatisme au *minimum* par l'emploi du diaphragme et par le choix des rayons de courbures des lentilles. Ces rayons de courbure doivent être choisis de telle sorte que les rayons immergents et les rayons émergents fassent un très petit angle avec les normales aux surfaces sphériques des lentilles.

L'effet du diaphragme peut être expliqué par la figure 29. Dans le plan comprenant l'axe principal et des rayons (représentés en traits ponctués)

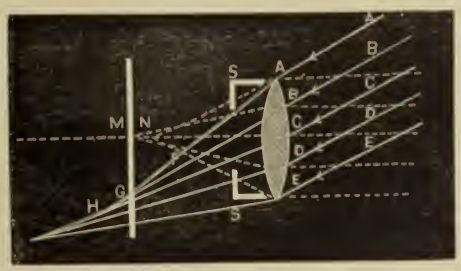



Fig. 29.

assez écartés de l'axe principal, le diaphragme intercepte les rayons marginaux, ne conserve que les rayons centraux, et, par suite, allonge légèrement le foyer; dans le plan des rayons obliques (traits pleins), tous les rayons, tels que CH, sont éliminés, et les choses se passent comme si le foyer secondaire était raccourci. Le foyer primaire étant allongé, le dia-

mètre des cercles de confusion est diminué, et, par suite, la netteté est augmentée.

**45. Aberration chromatique.** — Les radiations qui sont le plus actives, eu égard aux subtances employées en photographie, sont celles qui, dans le spectre solaire, présentent à l'œil l'éclat le moins grand; ce sont : le bleu, le violet, l'indigo. En admettant qu'on ait détruit dans une lentille toutes les aberrations précédemment signalées, l'emploi de cette lentille, pour produire une image photographique, donnera lieu au phénomène suivant : la mise au point de l'objet, exacte pour l'œil, ne le sera plus pour la surface photographique; nous devrons modifier la position de la surface sensible pour obtenir une épreuve nette, sinon l'image de l'objet manquera de définition. Il y a donc dans une lentille corrigée des diverses aberrations (objectif de lunette astronomique, par exemple) deux groupes de foyers principaux : 1° *le foyer visuel*, c'est celui que nous observons lorsque *nous mettons au point;* 2° *les foyers chimiques*, qui sont les foyers de la lentille vus par les surfaces sensibles. Dans tout objectif photographique, ces deux groupes doivent coïncider pour la commodité du travail. On obtient cette coïncidence en employant deux ou plusieurs lentilles.

Un système de plusieurs lentilles centrées infiniment minces et infiniment voisines est équivalent à une lentille unique dont la convergence serait égale à la somme algébrique des convergences des lentilles qui composent ce système.

Cette équivalence doit s'entendre pour ce qui est de la *distance* et de la *grandeur* des images.

Le calcul démontre qu'il est possible de trouver deux lentilles formant un système achromatique; pour deux couleurs, les lentilles doivent être taillées dans des verres inégalement dispersifs. L'une des lentilles du système achromatique doit être convergente, l'autre divergente. Les valeurs absolues des convergences des deux lentilles doivent être inversement proportionnelles aux pouvoirs dispersifs.

Le système achromatique est convergent si la lentille formée du verre le moins dispersif est convergente; il est divergent si la lentille formée du verre le moins dispersif est divergente.

En désignant par $k_1$ l'indice de réfraction pour le jaune; $k_2$ l'indice de réfraction pour le bleu; $R_1$, $R_2$ les rayons de courbure de la première lentille; $k_1'$, $k_2'$, $R_1'$, $R_2'$ les mêmes quantités pour la seconde lentille, la condition d'achromatisme est :

$$(k_2 - k_1)\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) + (k_2' - k_1')\left(\frac{1}{R_2'} - \frac{1}{R_1'}\right) = 0.$$

Si l'on veut obtenir une distance focale déterminée F, on aura une nouvelle équation :

$$\frac{1}{F} = (k_2 - k_1)\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)\left\{\frac{k_1 - 1}{k_2 - k_1} - \frac{k_1' - 1}{k_2' - k_1'}\right\}.$$

En général, on prend comme troisième condition

$$R_2 = - R_1'.$$

De cette façon, les deux faces en regard s'appliquent l'une contre l'autre; on les colle à l'aide de baume du Canada.

La quatrième condition que s'imposent les opticiens est la condition d'*aplanétisme;* ils s'efforcent de rendre minima les aberrations de sphéricité du système.

Dans quelques cas, on emploie trois lentilles de trois verres différents pour faire coïncider les images de trois couleurs et diminuer plus complètement les aberrations: c'est ainsi que dans les objectifs simples de M. Dallmeyer l'emploi de trois lentilles permet, dans un cas, de détruire l'aberration de sphéricité au point de pouvoir employer des diaphragmes relativement grands (*Rapid landscape lens*): dans l'autre cas, il permet d'augmenter le champ de netteté (*Wide angle landscape lens*).

Les formules que nous venons d'indiquer concernent les lentilles infiniment minces: elles ne donnent que des résultats approchés pour les lentilles épaisses. La théorie de Gauss permet de trouver les règles tout à fait exactes concernant chaque cas en particulier. S'il s'agit de lentilles de faible amplitude (comme les objectifs de lunettes par exemple), les règles élémentaires établies pour des lentilles infiniment minces peuvent suffire: elles donnent à l'opticien un achromatisme approché. En retouchant les surfaces, on arrive par un tâtonnement régulier à rendre extrêmement faibles les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, tout en conservant au système la même distance focale.

Pour les lentilles destinées à la photographie, lentilles qui sont d'une amplitude considérable (elle atteint et dépasse même 45° dans certains objectifs), la méthode élémentaire ne donne rien: on peut calculer[1] la marche des rayons pour deux ou même trois points des premières surfaces: on arrive ainsi à connaître le sens et la grandeur des défauts du système: on reprend ensuite le calcul en modifiant dans les données, soit une épaisseur, une courbure, etc., de manière à faire naître les défauts opposés: par une simple interpolation, on arrive à la meilleure combinaison possible avec les matières dont on dispose. Il reste enfin, après avoir établi la lentille conformément aux données du calcul, à la retoucher convenablement, ce qui demande beaucoup de patience et d'habileté de la part de l'opticien. C'est là un procédé en quelque sorte empirique: connaissant la distance focale, les indices de réfraction et les pouvoirs dispersifs, le calcul direct des surfaces est extrêmement long; il se fait cependant chez plusieurs opticiens de premier ordre, qui ne reculent pas devant ce surcroît de travail pour ne rien laisser de livré au hasard dans des productions le plus souvent parfaites[2].

1. Porro, *Sur le perfectionnement pratique des appareils optiques.* Paris, Gauthier-Villars, 1858, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858.

2. Nous adressons tous nos remerciements à M. Berson, professeur de physique à la Faculté des sciences de Toulouse, qui a bien voulu revoir avec nous cette partie de notre travail.

## BIBLIOGRAPHIE.

GARIEL. *Études d'optique géométrique*. Paris, 1889.
LISTER. *On some properties in achromatic object glasses*, Phil. Transac., 1830.
CODDINGTON. *Treatise on optics*. Cambridge, 1829.
PRETCHL. *Praktische Dioptrik*. Vienne, 1828.
HERSCHELL. *Traité d'optique*, traduit par Quételet.
VERDET. *Leçons de physique*, optique.
FOUCAULT. *Œuvres complètes*. Paris, Gauthier-Villars.
GAUSS. *Annales de chimie et de physique*, t. XXXIII.
BIOT. *Astronomie physique*, 1841, t. I.
SECRETAN. *De la distance focale des systèmes convergents*. Paris, 1855.
VAN MONCKHOVEN. *Optique photographique*.

# CHAPITRE III

## DESCRIPTION DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

**46.** L'aberration sphérique est un défaut que l'on cherche à corriger dans les lentilles photographiques, mais on n'y parvient qu'en sacrifiant certaines qualités que doit posséder l'objectif, telles que la rapidité d'action. Dans certains cas, on ne détruit pas aussi complètement qu'on pourrait le faire l'aberration sphérique afin d'obtenir une surface focale correspondant à un très grand angle, tout en détruisant la distorsion par exemple. Un tel objectif est dit *non aplanétique*. Pour obtenir une image réellement nette (dont le diamètre du cercle de confusion soit inférieur ou égal à $0^m,00025$), il faut munir l'instrument d'un diaphragme égal ou inférieur à $\frac{f}{15}$. $f$ étant la distance focale principale; cette ouverture peut nous permettre de constituer une première série d'objectifs.

La seconde série comprend les objectifs dans lesquels l'aberration sphérique est aussi complètement corrigée que possible. Ces objectifs donnent une image *nette* sur une petite étendue du plan focal, alors même qu'ils sont armés de très grand diaphragme, $\frac{f}{3}$ par exemple.

La différence principale qui caractérise ces deux classes d'objectifs est basée sur les modifications que subit le centre de l'image par l'emploi du diaphragme. En employant des diaphragmes de plus en plus petits, la *netteté augmente sur* TOUTE *l'étendue de l'image fournie par un objectif* NON APLANÉTIQUE AUSSI BIEN AU CENTRE QUE SUR LES BORDS.

La netteté du centre de l'image n'augmente pas avec la petitesse du diaphragme lorsque l'objectif est réellement APLANÉTIQUE. En employant des diaphragmes dont le diamètre est de plus en plus réduit, on augmente seulement l'ÉTENDUE de surface sur laquelle l'image se dessine nettement; la netteté du centre de l'image n'augmente pas.

Cette classification n'est pas absolument à l'abri de tout reproche ; nous l'adopterons en partie parce que, à un autre point de vue, elle permet de classer les objectifs par ordre de rapidité ; il n'y a là rien d'absolu : tel objectif aplanétique, dans le sens que nous donnons à ce mot, peut néanmoins être moins rapide que tel autre dont l'aberration sphérique est plus considérable.

**47.** Les modifications apportées dans la construction des objectifs sont extrêmement nombreuses. Nous décrirons les formes qui ont été ou qui sont encore le plus employées ; ce sont :

I. Parmi les objectifs relativement lents :

1° L'objectif *simple ancienne forme ;*
2° L'objectif *simple nouveau modèle ;*
3° L'objectif *simple grand angulaire ;*
4° L'objectif *simple rapide pour vues ;*
5° L'objectif *rectilinéaire à trois lentilles ;*
6° Le *globe-lens ;*
7° Le *doublet de Th. Ross ;*
8° Le *périscope de Steinheil ;*
9° Le *panoramique de Prasmowski ;*
10° Le *rectilinéaire grand angle de Dallmeyer ;*
11° Le *pantoscope de Busch ;*
12° Le *périgraphique de Berthiot ;*
13° Les *aplanats grand angle de Steinheil.*

II. Parmi les objectifs aplanétiques :

1° L'*objectif double de Petzval ;*
2° Le *rectilinéaire à portraits ;*
3° L'*Euryscope ;*
4° Les *antiaplanats de Steinheil ;*
5° Les *aplanats et rectilinéaires rapides ;*
6° L'*Orthoscopique ;*
7° Le *Triplet.*

Nous indiquerons enfin les principales combinaisons d'objectifs primitivement nommés à *foyers multiples,* qui sont aujourd'hui d'un usage assez répandu sous le nom de *trousses d'objectifs.*

## § 1er. — Objectifs a petite ouverture.

**48. L'objectif simple.** — Le premier objectif employé pour produire les images dans la chambre noire était une lentille plan convexe en crown, dont la face convexe regardait le verre dépoli et qui portait un diaphragme en contact avec elle. C'est avec un objectif de cette nature que Niepce obtint ses premières épreuves héliographiques. Il reconnut que le champ de netteté de l'objectif n'était pas très grand : il était égal à $\frac{f}{5}$ pour une ouverture de diaphragme d'environ $\frac{f}{30}$, $f$ étant le foyer. L'emploi de cet objectif remontait à Porta qui, au seizième siècle, l'avait appliqué à la formation des images à la chambre noire.

Wollaston, Cauchoix modifièrent la forme de cet instrument. Ils reconnurent qu'un ménisque concave convexe donnait une image dont le champ de netteté était plus considérable que lorsque l'on employait une lentille plan

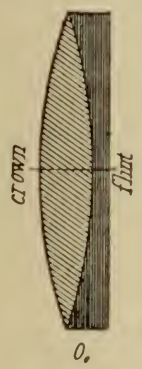


Fig. 30.

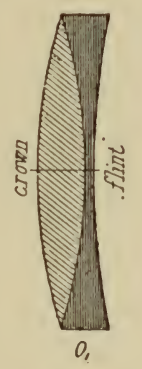


Fig. 31.

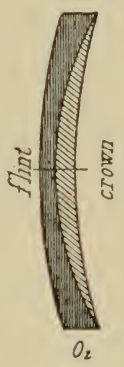


Fig. 32.

convexe, et cela dans le rapport de 5 à 8. Dans cet objectif, la surface concave regardait l'objet à reproduire, et la surface convexe le verre dépoli. Un diaphragme d'ouverture $\frac{f}{30}$ était placé en avant de la lentille et à une distance de celle-ci égale à $\frac{f}{5}$. Le diamètre du champ de netteté était $\frac{f}{4}$.

C'est l'objectif dont se servirent Daguerre, Talbot, Bayard et tous les opérateurs qui obtinrent des images à la chambre noire vers 1840. Tous ces objectifs possédaient un foyer chimique. Après avoir mis au point, il fallait modifier la position de la glace dépolie, d'après une graduation fixée à la base de la chambre noire et établie empiriquement pour chaque objectif. L'emploi de ces objectifs était peu commode, aussi l'on chercha à obtenir des lentilles exemptes de foyer chimique. Charles Chevalier est probablement le premier opticien qui livra des objectifs simples exempts de foyer chimique.

Il employa une lentille biconvexe de crown associée à une lentille plan-convexe de flint (*fig. 30*), montée dans un tube conique de cuivre; il plaçait à l'extrémité du tube un diaphragme fixe au-dessus duquel glissait une plaque circulaire servant d'obturateur. Cet objectif, employé avec sa face convexe tournée vers l'objet à reproduire (comme dans le cas d'une lunette de spectacle), donne une image très nette, mais de peu d'étendue, le plan focal nettement couvert étant environ $\frac{f}{8}$. En retournant la lentille, de sorte que la face convexe regarde le verre dépoli, et employant un diaphragme d'ouverture $\frac{f}{30}$ placé assez près de la lentille, le champ de netteté était d'environ $\frac{f}{2}$.

Cet objectif était très lent, peu pratique pour obtenir des portraits, le temps de pose étant de dix à vingt minutes au début du daguerréotype. On chercha donc à augmenter l'ouverture du diaphragme. Buron produisit quelques objectifs admettant une ouverture de $\frac{f}{7}$; mais la netteté laissait à désirer[1]. La découverte de l'objectif double par Petzval, celle des substances accélératrices, firent que, pendant plusieurs années, on laissa de côté le perfectionnement de l'objectif simple.

Plus tard, l'on reconnut qu'il vaut mieux employer la forme ménisque, le rayon de courbure de la face concave qui regarde l'objet à reproduire étant le plus souvent $\frac{f}{3}$ à $\frac{f}{2}$, et le diamètre de l'objectif $\frac{f}{6}$ à $\frac{f}{7}$ (*fig. 31*).

On calcula les autres éléments à l'aide des formules suivantes :

Soient $f$ la distance focale du système;

K l'indice de réfraction (jaune) de la matière servant à fabriquer le flint biconcave;

K′ l'indice de réfraction (jaune) pour le crown biconvexe;

$\Delta$ le rapport des pouvoirs dispersifs des deux matières.

Désignons par R le rayon de courbure choisi arbitrairement :

R′ rayon de courbure des deux surfaces du crown et du flint en contact;

R″ rayon de courbure de la face de crown qui regarde le verre dépoli;

$f_1$ distance focale négative de la lentille de flint;

$f_2$ distance focale positive de la lentille de crown.

On aura pour déterminer ces quantités les équations suivantes :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = -\Delta$$

$$\frac{1}{f_1} = (\mathrm{K}j - 1)\left(\frac{1}{\mathrm{R}} - \frac{1}{\mathrm{R}'}\right)$$

$$\frac{1}{f_2} = (\mathrm{K}'j - 1)\left(\frac{1}{\mathrm{R}'} - \frac{1}{\mathrm{R}''}\right).$$

1. Schmidt, *Handbuch der Photographie*, 1852, p. 3.

Si l'objectif ainsi calculé a un foyer chimique qui soit en avant du foyer visuel, par exemple, on emploie un rayon de courbure R plus court: si le foyer chimique tombe en arrière du foyer visuel, on prend R plus grand.

Le diamètre et la position du diaphragme dépendent dans cet objectif de la courbure de la face de flint: en rapprochant le diaphragme, la courbure du champ augmente, mais la distorsion diminue.

Le diaphragme est d'ouverture $\frac{f}{30}$ pour donner une image nette dont le diamètre est $\frac{f}{2}$.

Cet objectif n'est pas exempt d'aberration chromatique pour les rayons obliques à l'axe. Pour réduire au minimum le foyer chimique, il faut que les angles d'immergence et d'émergence forment, avec la normale à la surface en ces points, des angles égaux. On n'arrive à ce résultat qu'avec des ménisques dont les rayons de courbure sont relativement courts.

La monture de l'ancienne forme d'objectif, est peu commode. L'anneau se fixe à la planchette de la chambre noire au moyen d'une vis: les diaphragmes se placent à la partie antérieure; ils

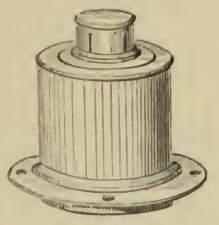


Fig. 33.

sont maintenus en place à l'aide d'un tube de cuivre noirci que l'on est obligé d'enlever toutes les fois que l'on veut modifier la dimension du diaphragme.

Ross[1] se sert indifféremment pour le verre concave ou le verre convexe soit de crown, soit de flint. Il emploie pour le verre convexe le flint léger ou le crown léger, produits qui ont un indice de réfraction peu élevé et un faible pouvoir dispersif: pour la lentille concave, il emploie le flint lourd et le crown lourd, matières qui possèdent un grand pouvoir réfractif et dispersif. Il a d'ailleurs adopté pour l'objectif simple la forme ménisque à courbure très prononcée.

Nous ne parlerons que pour mémoire des lentilles simples en pierre pré-

1. *Phot. News.*, 2 août 1867, et *Bull. Société française de photographie*, 1867, p. 278.

cieuse fabriquées d'après les idées de sir David Brewster, et que M. Claudet[1] a fait construire. Ces lentilles simples de 12 millimètres de diamètres étaient les unes en cristal de roche, les autres taillées dans une topaze : les rayons de courbure de ces dernières étaient dans le rapport 1 : 7. Le foyer chimique considérable de ces lentilles a empêché d'en généraliser l'emploi.

L'objectif de forme ancienne se construit dans les dimensions suivantes :

| DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en CENTIMÈTRES. | DIAMÈTRE DU CHAMP TRÈS NET en centimètres. |
|---|---|---|
| 165 | 120 | 65 |
| 140 | 90 | 50 |
| 110 | 70 | 40 |
| 81 | 50 | 30 |
| 61 | 33 | 20 |
| 54 | 28 | 18 |
| 44 | 22 | 12 |

**49**. Grubb, le 8 octobre 1857, a fait breveter en Angleterre une forme spéciale d'objectif simple : la lentille de crown, ménisque convergent, tourne sa face concave vers l'objet à reproduire ; elle est associée à un ménisque divergent de flint (*fig. 32*). C'est donc une disposition inverse de celle de l'ancien objectif simple. Andrew Ross adopta ce genre de construction.

Cet objectif possède moins d'aberration sphérique, moins de courbure de champ que l'ancienne forme ; à égalité de foyer, il donne un champ de netteté plus considérable que celui que l'on obtenait avec l'ancienne forme d'objectif. Les diaphragmes se placent à une distance de la lentille égale à son diamètre $\frac{f}{5}$ ; le plus grand diaphragme est $\frac{f}{15}$ ; le plus petit $\frac{f}{30}$. Avec ce dernier, le plus grand côté de l'image nette est $\frac{2}{3} f$ sur une plaque dont les côtés sont comme 2 est à 3. Cette forme de lentille est généralement adoptée aujourd'hui par presque tous les opticiens. Ces lentilles sont montées dans un tube de cuivre et portent une plaque tournante munie d'ouvertures qui font office de diaphragmes.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 153.

Voici les dimensions de l'objectif nouvelle forme (Hermagis) :

| DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en CENTIMÈTRES. | DIAMÈTRE DU CHAMP DE GRANDE NETTETÉ (en centimètres). |
|---|---|---|
| 110 | 65 | 55 |
| 95 | 55 | 50 |
| 81 | 45 | 40 |
| 70 | 37 | 30 |
| 54 | 25 | 20 |
| 48 | 22 | 18 |
| 44 | 18 | 15 |
| 35 | 17 | 14 |
| 21 | 10 | 9 |

**50. Objectif simple grand angulaire.** — Ce remarquable objectif a été calculé par J.-H. Dallmeyer. Il a cherché à faire embrasser à l'objectif un très grand angle[1] et à réduire la distorsion à un minimum : dans ce but, il a donné à l'objectif une forme ménisque très prononcée et il a rapproché le diaphragme de la lentille.

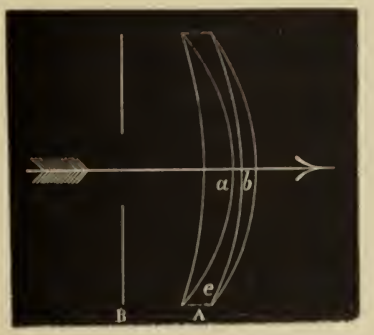



Fig. 34.

Cet objectif (*fig. 34*) est formé de trois ménisques collés ensemble et formant une lentille unique dont la concavité regarde l'objet à reproduire. Les deux crowns sont extérieurs et entre eux se trouve la lentille de flint, verre qui est le plus altérable et qui est ainsi protégé par les deux crowns qui n'ont pas le même indice de réfraction.

1. Patente du 14 octobre 1854, n° 2539; *The Photographic Journal London*, 15 avril 1865; *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 248.

Voici les données qui servent à la construction de cet objectif; elles sont exprimées en fonctions du foyer $f = 10,000$ :

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre des lentilles..... | | 2,302 |
| Rayons de courbure : | | |
| Crown 1,521 | $-R_1$..... | 6,043 |
| | $-R_2$..... | 1,727 |
| Flint 1,581.. | $-R_3$..... | 1,727 |
| | $+R_4$..... | 4,813 |
| Crown 1,514 | $-R_5$..... | 4,813 |
| | $+R_6$..... | 2,561 |
| Distance focale du système..... | | 10,000 |

| | | |
|---|---|---|
| Indices de réfraction | Flint..... | 1,581 |
| | $Crown_1$..... | 1,521 |
| | $Crown_2$..... | 1,514 |

Rapport des distances focales pour l'achromatisme :

$Crown_1$ et flint — $\Delta = 0,706$,

$Crown_2$ et flint — $\Delta = 0,645$.

Le diaphragme est constitué par une plaque tournante percée de diverses ouvertures graduées, de telle façon que les temps de pose se doublent toujours en passant d'une plus grande ouverture à celle immédiatement plus petite, sauf pour celles marquées X; ces dernières exigent une fois et demi le temps de pose qui serait nécessaire si l'on employait le diaphragme précédent. Nous donnons dans le tableau des dimensions de ces objectifs les ouvertures des diaphragmes.

Le diaphragme se place en avant de l'objectif et à une distance égale A LA MOITIÉ DU DIAMÈTRE de la lentille (et non pas à une distance *égale au diamètre*). Il est donc situé fort près de la lentille. Cela est d'un très grand avantage dans la pratique, car la monture de l'objectif est plus courte que dans les anciens systèmes; la distance focale pour une même dimension de plaque étant aussi plus courte, le tirage de la chambre noire se trouve réduit.

L'angle embrassé par l'objectif peut atteindre 92° en champ rond lorsqu'on emploie le plus petit diaphragme. Le champ de l'objectif est donc considérable, avantage incontestable au point de vue artistique, car l'on peut reproduire les premiers plans en même temps que l'horizon.

Bertsch[1] a insisté sur la nécessité qu'il y avait d'employer pour les vues des objectifs à court foyer qui, mettant au point les premiers

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, 1860.

plans en même temps que l'horizon, permettent d'apprécier leur dimension. « En apercevant nettement près de nous les objets qui servent de premier plan, nous apprécions leur dimension réelle, et c'est en comparant cette dimension avec celle des objets semblables ou analogues, placés aux différents plans et devenant incessamment plus petits, que nous avons le sentiment de la profondeur. »

L'image donnée par l'objectif simple est plus brillante que celle fournie par aucun autre objectif, parce qu'aucune lumière réfléchie par les surfaces de la lentille ne vient la voiler : il ne donne jamais la *tache centrale*, phénomène dont nous parlerons en traitant du rectilinéaire grand angle.

Le défaut de cet objectif est de donner une légère distorsion qui s'aperçoit sur les bords de l'image, surtout quand on lui fait reproduire un très grand angle; ce n'est pas un inconvénient pour les paysages où, en général, il n'y a pas de lignes droites à reproduire; d'ailleurs, la distorsion est insensible au centre de l'image.

Voici les dimensions d'objectifs construits par M. Dallmeyer :

| Nos. | DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES. | FOYER en MILLIMÈTRES. | SURFACE couverte EN MILLIMÈTRES. | DIAPHRAGME maximum. | DIAPHRAGME minimum. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | 35 | 133 | 127 × 102 | $\frac{f}{13}$ | $\frac{f}{31.9}$ |
| 1 | 41 | 177 | 183 × 114 | $\frac{f}{15}$ | $\frac{f}{36.7}$ |
| 2 | 47 | 218 | 215 × 164 | $\frac{f}{15}$ | $\frac{f}{36.7}$ |
| 3 | 54 | 253 | 253 × 202 | $\frac{f}{15}$ | $\frac{f}{36.7}$ |
| 4 | 58 | 303 | 303 × 253 | $\frac{f}{15}$ | $\frac{f}{36.7}$ |
| 5 | 66 | 380 | 380 × 303 | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{40}$ |
| 5 A | 66 | 457 | 380 × 303 | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{40}$ |
| 6 | 76 | 457 | 457 × 404 | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{49}$ |
| 7 | 92 | 558 | 558 × 506 | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{40}$ |
| 8 | 108 | 633 | 633 × 531 | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{49}$ |

Les dimensions de surface couverte sont des dimensions *minima*. En employant les plus petits diaphragmes, ces objectifs couvrent la dimension de plaque de la grandeur suivante : c'est ainsi que l'objectif 1a indiqué comme couvrant 127 × 102 peut fort bien être employé pour reproduire un paysage sur plaque 183×114 et même 130×180; le n° 2 peut servir pour les plaques 200×250. Dans ce cas, la netteté est suffisante, même dans les angles, mais la distorsion apparaît s'il se trouve des lignes droites auprès des bords de la plaque.

**51. Objectifs simples rapides.** — Plusieurs opticiens ont construit pour les vues stéréoscopiques des lentilles simples permettant d'obtenir des vues instantanées possédant une grande profondeur de foyer et beaucoup de brillant. Les objectifs que construit M. Dallmeyer[1] pour vues stéréoscopiques ont 114, 152 et 216 millimètres de foyer : ce sont des objectifs simples dont l'aberration de sphéricité est corrigée assez complètement pour qu'ils donnent de bons résultats avec des diaphragmes[2] d'indice $\frac{1}{10}$ : le plus petit diaphragme est $\frac{1}{20}$ ; ils donnent de très belles images de groupes en plein air avec un diaphragme d'ouverture $\frac{1}{15}$.

En 1881, Burton a appliqué l'objectif simple à l'obtention des portraits sur plaques au gélatino-bromure avec des temps de pose de 2 à 5 secondes dans l'atelier: l'ouverture des diaphragmes était $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{12}$. L'image obtenue avec ces objectifs n'est pas d'une netteté bien tranchée par suite de l'aberration sphérique considérable du système, aberration qui n'est pas corrigée par l'emploi de diaphragmes suffisamment étroits. L'image cependant possède une certaine douceur : elle ne possède pas de parties absolument nettes au détriment de parties complètement confuses. Le résultat obtenu présente assez d'harmonie.

En 1886, M. Dallmeyer[3] a mis dans le commerce une série d'objectifs simples qu'il a désignés sous le nom de *Rapid (long focus) Landscape lens*. Cet objectif a été calculé par J.-H. Dallmeyer en

1. *British Journal of Photography*, 1881, p. 593.
2. L'indice d'un diaphragme s'obtient en divisant le nombre qui exprime la distance focale principale *f* par celui qui exprime le diamètre du diaphragme.
3. *The British Journal of photography*, 1886, 17 septembre, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 103.

1880 : il était destiné à photographier des marines ou des paysages éloignés. Il embrasse un angle moins ouvert que celui que l'on obtient par l'emploi du grand angulaire simple. Sur la même dimension de plaque il donne une image plus grande d'objets éloignés que celle que l'on obtient avec le grand angulaire. Cet objectif embrasse un angle de 40° sur la plaque pour laquelle il a été construit, avec deux fois la rapidité de l'objectif à paysage grand angle : il est composé de trois lentilles collées : deux en flint, une en crown.

L'ouverture du plus grand diaphragme est environ $\frac{1}{12}$ : avec cette ouverture, la netteté est assez satisfaisante et la rapidité assez grande pour que l'objectif puisse servir à l'obtention des portraits dans l'atelier. L'ouverture des diaphragmes est trop grande pour que l'on puisse employer la monture à disque tournant ; on emploie des diaphragmes à vannes.

Cet objectif est l'un des meilleurs que l'on puisse employer pour l'obtention des vues instantanées. Grâce à la position du diaphragme et aux courbures des lentilles, la distorsion est réduite à un minimum ; elle n'apparaît pas sensiblement sur la dimension de plaques pour laquelle l'objectif est construit.

Voici les dimensions d'objectifs construits dans cette série par M. Dallmeyer :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | SURFACE nettement COUVERTE. |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 33 | 225 | 120 × 164 |
| 2 | 42 | 305 | 164 × 215 |
| 3 | 55 | 375 | 253 × 202 |
| 4 | 66 | 450 | 303 × 253 |
| 5 | 75 | 550 | 380 × 303 |
| 6 | 88 | 625 | 457 × 404 |
| 7 | 108 | 750 | 558 × 506 |

Dans toute cette série, l'ouverture des diaphragmes est uniforme ; elle est : $\frac{1}{11.8}$, $\frac{1}{14.5}$, $\frac{1}{16.7}$, $\frac{1}{20.5}$, $\frac{1}{29}$, $\frac{1}{41}$, $\frac{1}{57.9}$. — Les quatre

premiers diaphragmes peuvent servir pour l'obtention des vues instantanées au gélatino-bromure; on peut même à la rigueur employer le cinquième dans quelques cas spéciaux.

**52. Objectif rectilinéaire pour vues.** — Ce nouvel objectif[1] est extrêmement original. Il se compose de trois lentilles dont la *disposition extérieure* présente l'ensemble d'une lentille pour vues; elles sont toutes trois montées dans le même barillet; la lentille extérieure est de flint; elle est collée à une lentille de crown; les deux verres tournent leur surface convexe vers l'objet à reproduire. La troisième lentille est en crown: elle tourne sa convexité vers le verre dépoli; elle n'est pas en contact des deux premières et en est séparée par une mince lamelle d'air. Le diaphragme se place en avant de l'objectif et à une distance un peu supérieure à son diamètre; les diaphragmes sont *à vannes*.

Cet objectif présente de nombreux avantages sur les formes précédemment décrites; il admet des diaphragmes dont l'ouverture maxima est $\frac{f}{14}$; il est donc plus rapide que le grand angulaire simple et avec le plus grand diaphragme, il est sensiblement exempt d'aberration sphérique, ce qui le rend précieux pour l'obtention des instantanés.

L'image est sensiblement aussi brillante que celle donnée par l'objectif simple rapide pour vues.

Il est absolument rectilinéaire; il peut servir à la production de clichés, de cartes, plans, monuments, etc. Pour tous ces travaux, lorsque la grandeur de l'angle à reproduire n'est pas à considérer, c'est le meilleur objectif que l'on puisse employer, parce que de tous les objectifs rectilinéaires, *c'est celui qui donne l'image la plus brillante*.

Le champ est très plat, la netteté sur les bords est remarquable, et l'absence de distorsion permet de l'employer à copier des cartes par fragments. L'examen d'un objectif n° 3 (diamètre, $0^m051$; foyer, $0^m31$) nous a montré que le diamètre du champ de netteté était de $0^m34$ en employant le dernier diaphragme. L'angle embrassé par l'objectif est donc inférieur à celui que donne le grand angulaire simple, mais plus grand que celui donné par les autres formes d'objectifs simples.

1. Déposé le 2 février 1888; *Phot. News*, 1888, pp. 146, 175, 189.

M. Dallmeyer construit cet objectif dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | DIMENSIONS des plaques NETTEMENT COUVERTES | FOYER |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 37 | 164 × 120 | 215 |
| 2 | 44 | 215 × 164 | 287 |
| 3 | 51 | 253 × 202 | 337 |
| 4 | 57 | 303 × 253 | 415 |
| 5 | 68 | 380 × 303 | 506 |
| 6 | 75 | 457 × 404 | 633 |
| 7 | 88 | 558 × 506 | 810 |

Ce tableau indique exactement les dimensions de plaque nettement couverte; il montre que le nouvel objectif peut être employé pour des plaques bien plus grandes que celles auxquelles on destinait l'ancien objectif simple de même foyer.

Lorsque les circonstances permettront l'usage d'un diaphragme d'ouverture plus petite que $\frac{1}{15}$, on devra employer la nouvelle forme d'objectif; elle est préférable aux anciens *aplanats, rectilignes*, etc., parce que le rectilinéaire pour vues donne plus de profondeur de foyer et plus de brillant à l'image que tout autre objectif dont l'indice du diaphragme est $\frac{1}{15}$.

James J. Godard[1] avait autrefois calculé sous le nom d'OBJECTIF DOUBLE PÉRISCOPIQUE les courbures d'une lentille simple qui avait au premier abord une certaine analogie de forme avec le nouvel objectif de M. Dallmeyer; mais cette analogie n'était qu'apparente.

L'objectif double périscopique de Godard se composait de trois lentilles : les deux premières étaient cimentées à l'aide de baume du Canada; la troisième était isolée des deux premières. Cet objectif avait une courbure du champ très considérable; il nécessitait l'emploi de très petits diaphragmes et ne présentait pas de supériorité bien marquée sur les combinaisons optiques existant à cette époque. L'emploi de cet objectif ne s'est pas répandu ; il est aujourd'hui à peu près oublié.

1. *British journal of Photography*, 1869, p. 398.

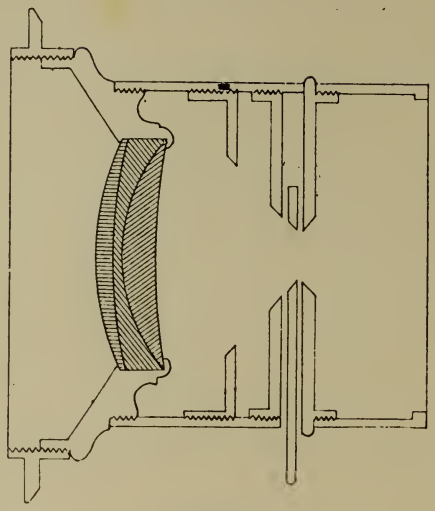


Fig. 35.

La figure 35 représente avec une très grande exactitu le l'objectif simple grand angulaire de 139 millimètres de foyer; on voit à la partie antérieure la position du diaphragme percé sur plaque de laiton.
Cette figure et les suivantes nous ont été communiquées par M. Dallmeyer.

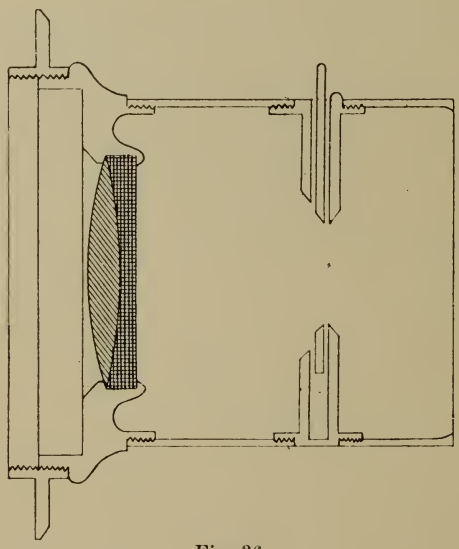


Fig. 36.

La figure 36 représente une coupe suivant l'axe d'un objectif simple stéréoscopique rapide de 11 centimètres de foyer.
Cet objectif est muni d'un diaphragme tournant fixé à la monture de l'appareil.

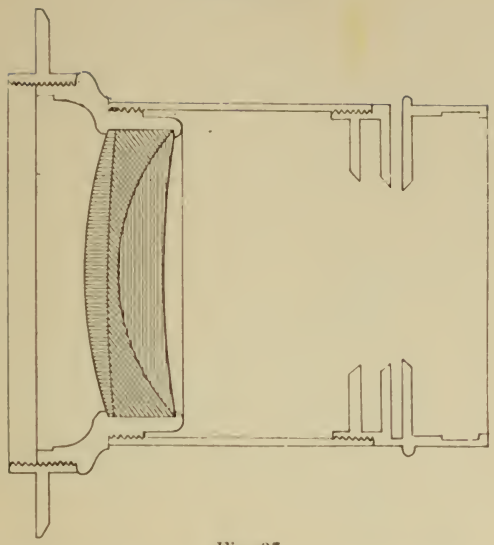


Fig. 37.

La figure 37 est la représentation exacte d'une coupe suivant l'axe de l'objectif *Rapid landscape*. Les diaphragmes à vannes se placent en avant de la lentille dans une rainure ménagée à cet effet.

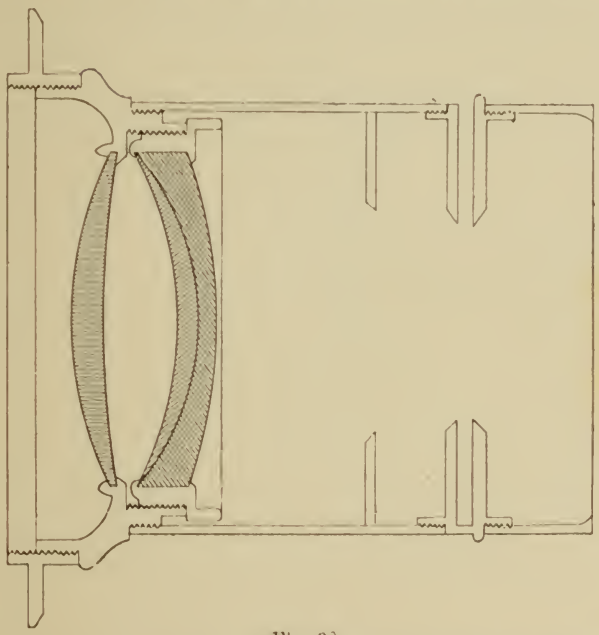


Fig. 38.

La figure 38 représente une coupe suivant l'axe d'un objectif rectilinéaire pour vues de 30 centimètres de foyer. On voit que la lentille postérieure est séparée de la lentille antérieure par une couche d'air assez considérable.

**53. L'objectif globe.** — Cet objectif a été calculé par Harrisson[1], de New-York. Il se compose de deux ménisques convergents achromatiques présentant absolument les mêmes rayons de courbure. Ces deux lentilles sont placées à une distance l'une de l'autre, telle que, si leurs surfaces extérieures étaient prolongées, elles formeraient une sphère complète. De là le nom de *globe-lens (fig. 39)*.

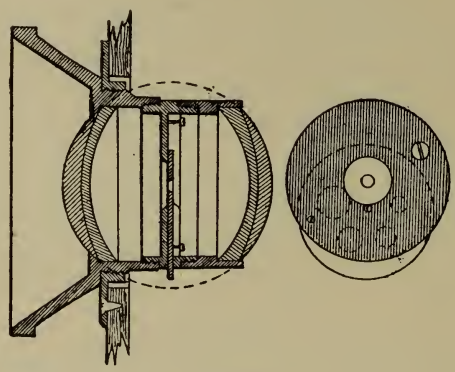


Fig. 39.

Les diaphragmes sont placés à égale distance des deux lentilles et peuvent être changées de l'extérieur, d'après le dispositif employé dans l'objectif simple à diaphragme tournant. Dans l'objectif construit par Harrisson et Schnitzer. la partie antérieure de l'objectif était fortement évasée.

MM. Gasc et Charconnet, à Paris, avaient adopté les données suivantes pour la construction de cet objectif :

| | |
|---|---|
| Rayons de courbure : crown, 1re surface extérieure. | 1.412 |
| — — 2e — ..... | 2.403 |
| — flint, 3e — ..... | 2.403 |
| — — 4e — ..... | 1.620 |
| Diamètre des lentilles..... | 1.875 |
| Épaisseur totale du ménisque (au centre)..... | 231,5 |
| Distance des surfaces extérieures (mesurées sur l'axe)..... | 2.824 |
| Foyer principal..... | 10.000 |
| — Diaphragme d'ouverture *maxima* $\frac{1}{36}$.. | 277,7 |
| — — — *minima* $\frac{1}{72}$.. | 138,8 |

1. Le brevet anglais est du 13 octobre 1860. *Bulletin belge de la photographie*, 1863. p. 169.

| | |
|---|---|
| Indice de réfraction pour le violet : crown..... | 1,53 |
| — — — flint..... | 1,60 |
| Densité du crown..... | 2,543 |
| — du flint..... | 3,202 |

Dans cet objectif, la distorsion est complètement détruite, parce que la première lentille produit une distorsion égale et de signe contraire à celle que donne la seconde. L'objectif globe a été le premier objectif symétrique qui ait été employé pratiquement. Sutton avait, en 1857, indiqué le moyen de construire des instruments ne donnant pas de déformation; mais son système possédait une telle aberration sphérique qu'il était impossible de se servir de l'objectif.

L'angle embrassé par l'objectif globe est considérable et dépasse 75°. Harrisson avait adopté les distances focales suivantes[1] :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Plaque de | 100mm × 120mm | avec | 150mm | de foyer. |
| — | 160 × 220 | avec | 160 | — |
| — | 230 × 28 | avec | 200 | — |
| — | 280 × 350 | avec | 250 | — |

Cet objectif est destiné à la reproduction des monuments, des paysages, des cartes et des gravures. Il ne doit être employé qu'avec un

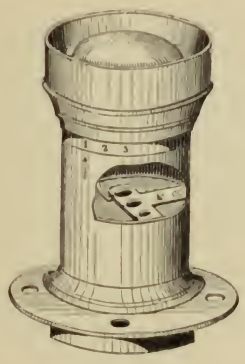


Fig. 40.

très petit diaphragme, ce qui lui donne une très grande profondeur de foyer.

Le peu de rapidité de l'objectif globe et l'inconvénient qu'il présentait de donner une tache circulaire au centre de l'image ont fait abandonner cette forme d'objectif.

1. *Répertoire encyclopédique de photographie*, 1865.

Les opticiens qui l'ont perfectionné sont : en France, MM. Darlot, qui l'a construit sous le nom d'*hémisphérique*, Gasc et Charconnet (objectif lentiforme de l'œil), Hermagis (objectif globe avec diaphragmes perfectionnés) (*fig. 40*), Derogy, Berthiot, etc. ; en Allemagne, Liesegang. L'emploi de cet objectif est à peu près abandonné aujourd'hui.

**54. Objectif panoramique de M. Sutton.** — Cet objectif se compose de deux lentilles de flint concavo-convexe, à courbures concentriques, fixées dans un anneau métallique. L'espace qui sépare les deux lentilles est plein d'eau ; deux diaphragmes de petite ouverture, placés à égale distance des deux lentilles, corrigent l'aberration sphérique : l'ouverture de ces deux diaphragmes est elliptique, le grand étant horizontal, car cet objectif était destiné à des vues dont le rapport du côté horizontal au côté vertical est :: 3 : 1, par conséquent le diaphragme circulaire donnerait un champ d'illumination trop inégal.

L'angle embrassé par l'objectif est d'environ 100° ; il nécessitait l'emploi de glaces courbes : c'est la principale raison qui a fait abandonner son emploi.

**55. Doublet de Th. Ross**[1]. — Cet objectif se compose de deux ménisques achromatiques pouvant être employés comme objectif simple : l'ensemble forme une combinaison dans laquelle l'aberration sphérique est assez bien corrigée pour permettre l'emploi de diaphragmes d'ouverture $\frac{1}{15}$ ; le plus petit diaphragme, $\frac{1}{45}$, permet l'admission sur la plaque d'une assez grande quantité de lumière. Les diaphragmes sont disposés sur un disque tournant. Cet objectif est supérieur à l'objectif globe en ce qu'il possède moins d'aberration de sphéricité et qu'il embrasse un angle plus grand, angle qui peut aller jusqu'à 80° ; il est à peu près exempt de distorsion.

L'angle sous tendu par la base de l'image était d'environ 80°. Pendant quelque temps, Ross fabriqua des doublets couvrant une surface égale à celle couverte par un objectif simple à vue ordinaire ; ces instruments étaient désignés sous le nom de *doublets petit angle*. Dans les *doublets ordinaires* qui formaient une série intermédiaire, l'angle sous tendu par la ligne de base horizontale de l'image était de 60°.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 246.

M. Ross construisait cet objectif dans les dimensions indiquées ci-dessous :

| Nos | DIAMÈTRE de la LENTILLE. | FOYER | DIMENSION de la PLAQUE. |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 32 | 107 | 120 × 180 |
| 2 | 32 | 132 | 120 × 200 |
| 3 | 40 | 152 | 170 × 220 |
| 4 | 44 | 171 | 200 × 250 |
| 5 | 53 | 196 | 250 × 300 |
| 6 | 69 | 253 | 300 × 380 |
| 7 | 83 | 314 | 400 × 450 |

M. Ad. Martin a fait construire récemment un objectif rectiligne, dit *grand angulaire*, embrassant un angle de 70°.

La figure 41 représente la disposition de lentilles employées dans le doublet ancienne forme de M. Ross. Dans quelques objectifs les diaphragmes ont été montés sur des tiges que l'on manœuvrait facilement de l'extérieur, dispositif assez semblable à celui qui a été employé par M. Darlot dans son objectif hémisphérique.

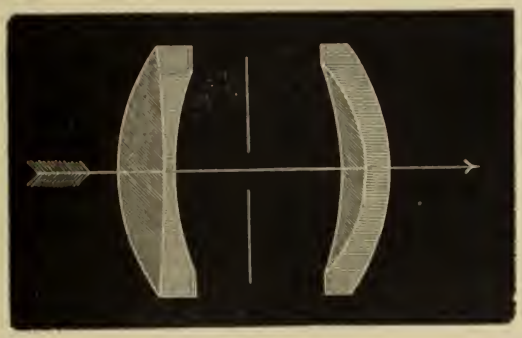


Fig. 41.

**56.** — Depuis une quinzaine d'années, M. Ross a remplacé la construction de ces objectifs par celle de l'instrument qu'il appelle *symétrique grand angle*, objectif qui est plus exempt de distorsion et d'aberration sphérique que l'ancien doublet ; de plus, l'instrument est fort léger, ce qui est un avantage lorsque l'on fait de la photographie au dehors. La série des objectifs symétriques portatifs à grand angle comprend douze numéros :

| Nos | FOYER | SURFACE COUVERTE à TOUTE OUVERTURE | SURFACE COUVERTE avec le plus petit DIAPHRAGME |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 80 | 80 × 80 | 130 × 100 |
| 2 | 100 | 100 × 80 | 180 × 120 |
| 3 | 130 | 130 × 100 | 200 × 130 |
| 4 | 150 | 180 × 120 | 220 × 170 |
| 5 | 180 | 200 × 130 | 230 × 180 |
| 6 | 200 | 220 × 170 | 240 × 200 |
| 7 | 230 | 230 × 180 | 300 × 250 |
| 8 | 250 | 240 × 200 | 330 × 280 |
| 9 | 300 | 300 × 250 | 380 × 300 |
| 10 | 380 | 330 × 280 | 450 × 300 |
| 11 | 450 | 380 × 300 | 550 × 450 |
| 12 | 530 | 450 × 400 | 630 × 530 |

Tous les objectifs de cette série possèdent les mêmes indices, qui sont :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Diaphragme n° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Indice | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{22,6}$ | $\frac{1}{32}$ | $\frac{1}{45,2}$ | $\frac{1}{64}$. |

Les diaphragmes des huit premiers objectifs sont percés sur une plaque tournante ; les diaphragmes des quatre derniers objectifs sont des diaphragmes à vanne, les ouvertures étant trop grandes pour adopter le diaphragme tournant.

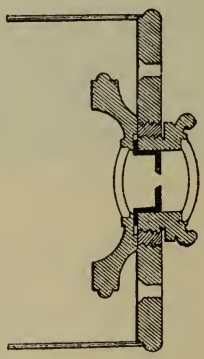


Fig. 42.

**57. Objectif périscope de Steinheil.** — Cet objectif embrasse un angle de 90° sur la base d'un rectangle dont la largeur est à la hauteur

comme 2 est à 3. Il est formé de deux ménisques non achromatiques, dont les faces concaves sont tournées l'une vers l'autre. Le diaphragme se place à égale distance des deux lentilles; pour changer de diaphragme, on est obligé de dévisser la lentille postérieure (*fig. 42*). Les données de ce système optique sont les suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Indice de réfraction : | $k_o = 1,5233$ | |
| | $k_v = 1,5360$ | |
| Diamètre des lentilles | | 1256 |
| Rayon de courbure | $R_1$ extérieur | + 1753 |
| — | $R_2$ | — 2076 |
| — | $R_3$ | — 2067 |
| — | $R_4$ intérieur | + 1753 |
| Distance des deux lentilles | | 1256,35 |
| — — | | 829 |
| Épaisseur des lentilles suivant l'axe | | 125,6 |
| Foyer principal (pour l'orange) | | 10,000 |
| — (pour le violet) | | 9,754 |
| Ouverture du plus grand diaphragme | | 251,3 |

Le périscope est complètement exempt de distorsion, mais il possède un foyer chimique : c'est là un inconvénient sérieux qui, joint à celui de la faible ouverture des diaphragmes, a fait abandonner l'usage de cet instrument. M. Steinheil construisait les objectifs suivants :

| Nos | DIAMÈTRE de L'OBJECTIF | FOYER | PLUS GRAND COTÉ de L'ÉPREUVE |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 8,9 | 74 | 122 |
| 2 | 11,2 | 89 | 176 |
| 3 | 18,0 | 144 | 270 |
| 4 | 22,5 | 176 | 352 |
| 5 | 33,8 | 35,2 | 568 |
| 6 | 56,4 | 58,7 | 812 |
| 7 | 47,4 | 40,6 | 812 |

M. Zentmeyer[1], de Philadelphie, opticien bien connu par les ingénieux perfectionnements qu'il a apportés au microscope, a construit, en 1866, un objectif analogue au périscope en ce qu'il ne renferme qu'une seule espèce de verre : les deux lentilles ne sont pas symétriques, mais les deux surfaces intérieures sont concentriques. L'emploi de cet objectif ne s'est pas généralisé.

1. *Phot. Mittheilungen*, 1866, p. 210.

**58. Le Pantoscope.**—Les éléments des lentilles dont se compose cet objectif ont été calculés par M. Busch de Rathenow. Le pantos-

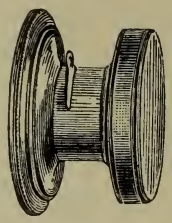


Fig. 43.

cope comprend deux lentilles symétriques, séparément achromatiques, à rayons de courbure très court. Les lentilles extérieures sont en crown, celles qui sont à l'intérieur sont en flint. Les diaphragmes à vannes se placent entre les deux lentilles (*fig. 43*). L'aberration sphérique du pantoscope est considérable: aussi doit-on employer des diaphragmes d'ouverture $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{50}$ ; avec le dernier, la netteté est très satisfaisante, supérieure à celle que donne l'objectif globe, et s'étend jusqu'aux bords extrêmes de l'image. Le pantoscope est l'objectif par excellence pour la reproduction des monuments, intérieurs, panorama, etc. C'est l'un des objectifs qui embrassent le plus grand angle, comme cela résulte du tableau suivant :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | DIAMÈTRE du CHAMP ROND. | DIMENSIONS d L'IMAGE. |
|---|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 8 | 52 | 124 | 70 × 105 ou 78 × 92 |
| 2 | 11,5 | 78 | 197 | 105 × 158 |
| 3 | 17 | 118 | 288 | 158 × 236 |
| 4 | 26 | 170 | 430 | 236 × 353 |
| 5 | 38 | 242 | 627 | 353 × 524 |
| 6 | 57 | 363 | 940 | 524 × 784 |
| 7 | 86 | 546 | 1410 | 784 × 1175 |

**59. Objectifs panoramiques de Prasmowski.** — Ces objectifs donnent des résultats analogues à ceux que fournit le pantoscope. L'aberration sphérique étant mieux corrigée, les diaphragmes possè-

dent une ouverture plus considérable que celle des pantoscopes. Les panoramiques de Prasmowski sont intermédiaires entre les symétriques portatifs de Ross et les pantoscopes comme grandeur d'angle. Dans des conditions favorables de lumière, les panoramiques permet-

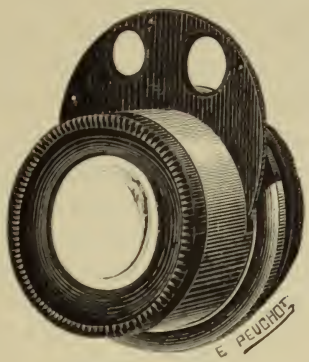



Fig. 41.

tent l'obtention de groupes : ces objectifs sont précieux pour ce travail, parce qu'ils possèdent une très grande profondeur de foyer.

Le système optique se compose de deux lentilles, achromatiques individuellement, de très petites dimensions, symétriques et disposées dans un tube très court.

Les diaphragmes percés sur une plaque tournante se placent entre les deux verres et à égale distance de chacun d'eux *(fig. 41)*.

Voici les dimensions d'objectifs de cette série que construisent MM. Bézu et Hauser, les habiles successeurs de M. Prasmowski à Paris.

| Nos | FOYER | DIMENSION COUVERTE avec le plus petit DIAPHRAGME. |
|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. |
| 000 | 55 | 72 × 50 |
| 00 | 85 | 120 × 90 |
| 0 | 120 | 180 × 120 |
| 1 | 140 | 280 × 200 |
| 2 | 220 | 330 × 240 |
| 3 | 280 | 420 × 330 |
| 4 | 360 | 540 × 420 |
| 5 | 600 | 600 × 500 |

Lorsqu'on opère avec ces objectifs, il est indispensable que le châssis portant la glace dépolie soit exactement vertical; la moindre déviation de la chambre noire produit une inclinaison des lignes verticales sur la glace dépolie.

M. Hartnack, à Postdam, construit la même série d'objectifs avec le diaphragme central à palettes (iris-diaphragme); il exécute aussi fort bien les divers numéros de cette série d'objectifs qu'il a perfectionnés tout récemment.

**60. Objectif périgraphique de M. Berthiot.** — Dans le but d'obtenir un très grand angle, tout en conservant la rectitude des lignes, M. Berthiot vient de modifier[1] la fabrication de ses anciens objectifs et d'établir une nouvelle série donnant un très grand angle. Les essais que nous avons fait récemment de deux objectifs, l'un de

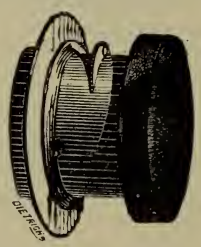


Fig. 45.

97 millimètres de distance focale, l'autre de 118 millimètres, nous ont prouvé que ces instruments ne le cédaient en rien au pantoscope comme grandeur d'angle embrassé, tout en présentant une intensité lumineuse plus considérable, le plus grand diaphragme étant d'ouverture $\frac{1}{15}$. Cet objectif est précieux pour l'obtention de vues d'intérieurs lorsque le recul est insuffisant; grâce à sa courte distance focale, sa profondeur de foyer est en quelque sorte illimitée. C'est de tous les objectifs connus celui qui, pour la dimension $13 \times 18$, donne le plus grand angle (*fig. 45*).

**61. Objectif rectilinéaire grand angle.** — Ce très remarquable objectif a été calculé par J.-H. Dallmeyer, en 1866; son fils l'exécute actuellement de la façon la plus remarquable. En construi-

1. Décembre 1888.

sant cet instrument. Dallmeyer a eu pour but de produire un objectif à très grand angle, donnant des images absolument rectilignes et exempt du défaut connu sous le nom de tache centrale (*central spot*[1]). Ce défaut que l'on rencontrait fréquemment dans l'ancien objectif globe et dans beaucoup d'objectifs embrassant un grand angle, consiste dans la production accidentelle d'une tache ronde et sombre, d'une assez grande étendue, au centre des négatifs ; elle se traduit donc par un cercle plus ou moins blanc sur l'épreuve positive.

Des objectifs très bons sous d'autres rapports donnaient souvent la tache centrale sans qu'on ait jamais expliqué la raison de ce défaut. Dallmeyer fit des expériences qui lui démontrèrent que la tache centrale était produite par la lentille de derrière et par celle-là seule ; que ses dimensions et son intensité dépendaient de la grandeur et de l'ouverture du diaphragme. Il obtint ces résultats en étudiant la tache centrale dans un triplet pour vues à grand angle, et enlevant la lentille antérieure et la lentille du milieu de ce triplet ; la tache variait d'ailleurs de dimensions en modifiant l'ouverture du diaphragme. Restait à étudier l'influence de la distance du diaphragme à la lentille. Une lentille simple fut munie d'un diaphragme mobile dans le sens de l'axe de l'objectif : en déplaçant le diaphragme, il constata que pour une certaine position du diaphragme la tache centrale présentait le maximum de netteté ; d'ailleurs, le diaphragme et la tache (lorsque cette dernière était nette) étaient liés par la loi des points conjugués. Il en conclut, après avoir placé un point lumineux à la place du diaphragme et vérifié la relation des points conjugués, que la tache centrale était l'image réelle de l'ouverture du diaphragme produite par la lentille postérieure des objectifs.

Les vérifications que tenta Dallmeyer ne lui expliquaient pas cependant comment avec une aussi faible distance du diaphragme à la lentille (distance qui était plus courte que la distance focale principale) il obtenait une image *réelle ;* l'image de la tache centrale aurait dû être *virtuelle* et par conséquent invisible sur la glace dépolie.

Sir John Herschell trouva la solution de cette difficulté. Selon lui, la cause possible de l'image réelle du diaphragme était due non à la réfraction de la lumière lorsqu'elle traverse la dernière lentille des objectifs, mais à un effet de réflexion de cette lumière.

1. *Photographic Journal*, 15 juin 1867.

Soit AEBFA une lentille simple *(fig. 46)*, D le diaphragme placé de telle sorte que le centre de son ouverture coïncide avec le centre de courbure de la

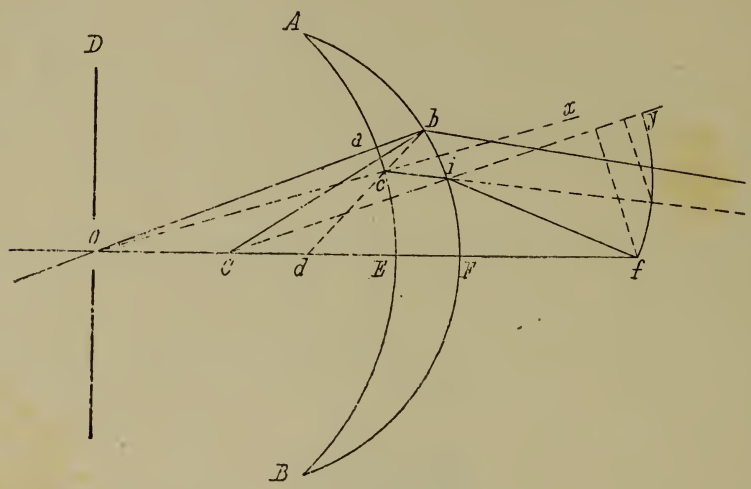



Fig. 46.

face AEB de la lentille. Soit $Oa$ un rayon incident rencontrant en $b$ l'autre face de la lentille dont le centre est en C, ce rayon n'émerge pas complètement : il est en parti réfléchi dans la direction $bcd$ faisant un angle $cbd = cbo$; en $c$ il est de nouveau réfléchi dans la direction $ci$ telle que $xci = xcb$. Arrivé de nouveau en $i$ sur la face AFB, il est réfracté dans la direction $if$ faisant un angle $yif$ tel que $yif > Cic$ parce que la réfraction se fait du verre dans l'air. Par conséquent, ces rayons se rapprochant de l'axe viendront converger en un foyer $f$ situé du côté convexe de la lentille; par suite, les rayons tels que $Oa$ formeront sur le verre dépoli une tache de même forme que le diaphragme.

Cette explication fournit le moyen d'annihiler complètement le défaut de la tache centrale dans les objectifs simples; il suffit, en effet, de se servir de l'objectif avec le diaphragme placé entre le système optique et la glace dépolie.

Avec un objectif double, la théorie n'indique pas de remède. On peut atténuer le défaut en disposant le diaphragme en contact de la lentille postérieure de l'objectif; cela diminue l'étendue de cette lentille, et par suite l'étendue de la surface éclairée par l'objectif. De tous les objectifs qui possèdent le défaut de la tache centrale, le globe lens est celui qui le présente au plus haut degré, surtout lorsqu'on emploie de petits diaphragmes. On diminue l'intensité de la tache en masquant les bords des lentilles de l'objectif.

Le défaut du *central spot* peut complètement disparaître par une modification convenable de la courbure de la face postérieure de la lentille. Augmentons, en effet, cette courbure : les rayons *(fig. 47)* $Ob$ $Ob'$ passant par le diaphragme placé en $o$ traverseront cette lentille en se réfléchissant

partiellement en $b$ et $b'$, suivant $be$, $b'e'$, puis suivant $ei$, $e'i'$ : mais à leur sortie en $i$ et $i'$ de la lentille, ces rayons, au lieu de converger vers l'axe, divergeront : la tache ne saurait donc se produire.

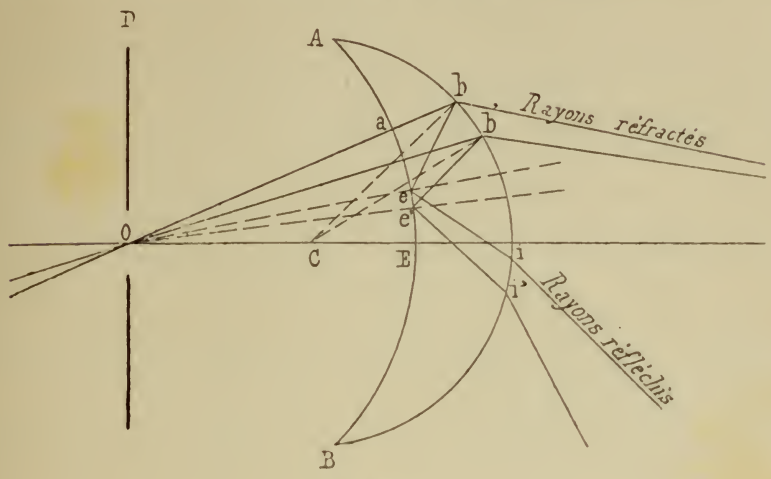
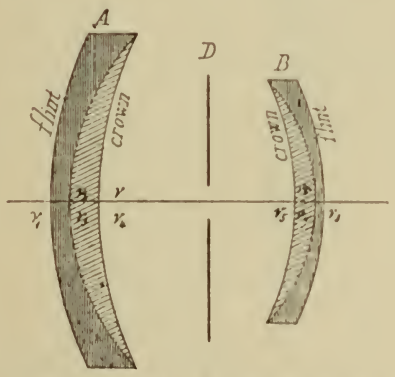



Fig. 47.

C'est en se basant sur ce principe que Dallmeyer a construit le premier objectif double exempt de tache centrale : il l'a appelé *rectilinéaire grand angle*.

L'instrument (*fig. 18*) se compose de deux ménisques achroma-




. A lentille frontale ; B lentille postérieure

Fig. 48.

tiques A et B dont les foyers sont, avec le foyer de l'objectif, dans le rapport de 2 à 1. Le diamètre du flint antérieur est sensiblement

égal à $\frac{f}{5}$ ; le rayon de courbure $r_1$ est aussi $\frac{f}{5}$. Une lentille de crown lui est associé : le rayon de courbure de la face $r_4$ est tel que $\frac{r_4}{r_1} = \frac{4}{3}$ ; les rayons de courbure de la face $r_2$ (flint) et $r_3$ (crown) sont calculés de façon à produire l'achromatisme.

La lentille postérieure B a un diamètre qui est la moitié de celui de A ; le rayon de courbure $r_8$ du flint est tel que $\frac{r_8}{r_1} = \frac{7}{6}$. Le crown concave placé à l'intérieur a un rayon de courbure $r_5$ tel que l'on ait $\frac{r_5}{r_8} = \frac{4}{3}$ ; quant aux rayons de courbure $r_6$ et $r_7$, ils sont identiques et calculés de façon à ce que la combinaison B soit achromatique. La distance qui sépare les deux lentilles est égale à $\frac{1}{7}$ de la distance focale de l'objectif.

Le diaphragme se place entre les deux lentilles et à une distance

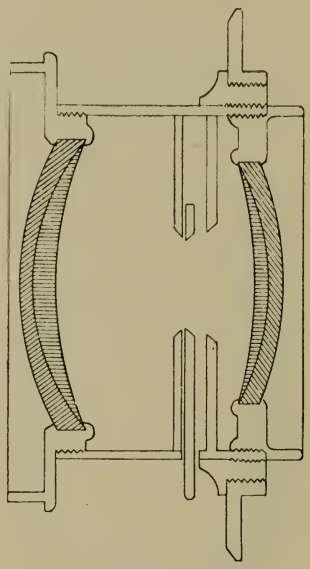


Fig. 49.

divisant l'espace qui les sépare proportionnellement à la longueur de leurs diamètres respectifs (*fig. 49*).

Cet objectif est complètement exempt de distorsion, de tache centrale : il embrasse un angle considérable. Le foyer chimique et les

aberrations pour les rayons obliques à l'axe sont réduits à un minimum : l'aberration sphérique suivant l'axe est assez bien corrigée pour que l'on puisse se servir de diaphragmes relativement grands, ainsi que cela résulte des indications suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE de LA LENTILLE antérieure. | FOYER PRINCIPAL. | DIMENSION COUVERTE avec le plus petit DIAPHRAGME. | DIAPHRAGMES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | maximum. | minimum. |
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| Porkel. | 15 | 57 | 88 × 69 | $\frac{1}{11,8}$ | $\frac{1}{45,3}$ |
| Stéréoscope. | 16 | 76 | 127 × 102 | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{28,2}$ |
| 1 AA | 22 | 101 | 183 × 107 | $\frac{1}{13}$ | $\frac{1}{36,8}$ |
| 1 A | 32 | 133 | 215 × 164 | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{42,4}$ |
| 1 | 38 | 177 | 303 × 253 | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{42,4}$ |
| 2 | 51 | 215 | 380 × 303 | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{42,4}$ |
| 3 | 63 | 329 | 457 × 404 | $\frac{1}{17}$ | $\frac{1}{48,1}$ |
| 4 | 76 | 392 | 558 × 506 | $\frac{1}{17}$ | $\frac{1}{48,1}$ |
| 5 | 96 | 481 | 533 × 531 | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{60}$ |

La combinaison antérieure du rectilinéaire grand angle peut être employée seule (comme objectif simple dont la longueur focale est

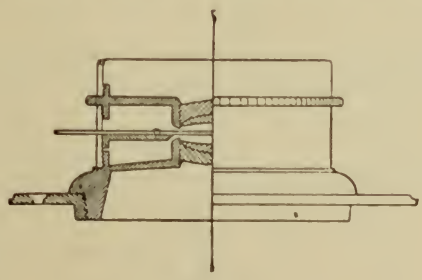


Fig. 50.

sensiblement le double de la longueur focale de l'objectif composé).

Cette lentille seule donne de meilleurs résultats que l'objectif simple ancienne forme.

**62. Aplanat grand angulaire pour vues.** — Bien que cet objectif soit aplanétique (de même que l'aplanat à reproductions), nous le décrivons ici, à cause de sa petite ouverture. Cet objectif est composé de deux lentilles symétriques, achromatiques séparément; les deux lentilles sont identiques. Le diaphragme, sur plaque tournante, se place à égale distance des deux lentilles; ces lentilles sont en flint léger et en flint lourd; elles ont un diamètre très petit eu égard à leur distance focale. Le plus grand diaphragme est d'ouverture $\frac{1}{20}$ ou $\frac{1}{25}$, le plus petit $\frac{1}{60}$; cet objectif embrasse un angle de 90° suivant la diagonale de la plaque (*fig. 50*).

Voici les données relatives à un objectif n° 4 :

Ouverture utile..... 13mm5
Foyer principal..... 240mm
Indices de réfraction pour la raie $d$ : $k_d = 1{,}57762$
$k'_d = 1{,}61317$
Rapport des pouvoirs dispersifs $\frac{d'}{d} = 1{,}1895$

| | | mill. | |
|---|---|---|---|
| Rayons de courbure | $R_1$ | + 34,76 » | Flint ordinaire : épaisseur, 2mm9. |
| — | $R_2$ | — 15,64 » | |
| — | $R_3$ | + 15,64 » | Flint léger : épaisseur, 2mm0. |
| — | $R_4$ | — 41,418 » | |

Distance des deux lentilles, 4mm00.

| | | | |
|---|---|---|---|
| — | $R_5$ | — 41,413 » | Flint ordinaire : épaisseur, 2mm0. |
| — | $R_6$ | + 15,64 » | |
| — | $R_7$ | — 15,64 » | Flint léger ; épaisseur, 2mm9. |
| — | $R^8$ | + 34,76 » | |

M. Steinheil construit cet objectif dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES. | FOYER en MILLIMÈTRES. | DIAMÈTRE DU CHAMP ROND. (dernier diaphragme). |
|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 96 | 180 |
| 2 | 7 | 121 | 250 |
| 3 | 11 | 182 | 370 |
| 4 | 15 | 262 | 440 |
| 5 | 22 | 405 | 660 |

**63. Aplanat grand angulaire pour reproductions.** — Dans le but d'éclairer uniformément la surface du plan focal, ce qui est utile pour la reproduction des cartes de géographie, le Dr Ad. Steinheil a considérablement rapproché le diaphragme de la lentille.

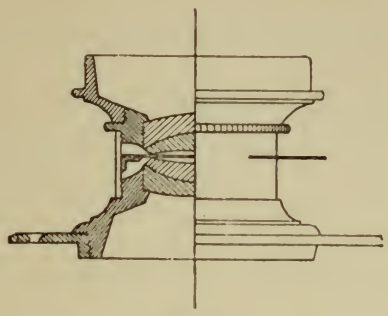


Fig. 51.

L'objectif est composé de deux lentilles symétriques de très petite surface, de façon à pouvoir être muni d'un prisme destiné au retournement de l'image *(fig. 51)*. L'ouverture de l'objectif est environ $\frac{f}{16}$.

Cet objectif se construit dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES. | FOYER en MILLIMÈTRES. | DIAMÈTRE DU CHAMP ROND en millimètres. |
|---|---|---|---|
| 1 | 25 | 365 | 370 |
| 2 | 30 | 457 | 480 |
| 3 | 43 | 601 | 610 |
| 3 *b* | 52 | 780 | 700 |
| 4 | 63 | 975 | 840 |
| 5 | 75 | 1224 | 1000 |
| 6 | 90 | 1423 | 1200 |

Les données suivantes servaient à la construction du plus petit de ces instruments :

Diamètre découvert..... 13 millimètres.
Foyer..... 240 —

Rayons de courbure $R_1 + 33{,}437^{mm}$ } Flint ordinaire ; épaisseur, $2{,}77^{mm}$.
— $R_2 - 14{,}934$ »
— $R_3 + 14{,}934$ » } Flint léger ; épaisseur, $3{,}64^{mm}$.
— $R_4 - 39{,}001$ »

Distance des deux lentilles, 1mm73.

| | | |
|---|---|---|
| — | $R_5$ — 39,001 » | Flint léger; épaisseur, 3,64mm. |
| — | $R_6$ + 14,934 » | |
| — | $R_7$ — 14,934 » | Flint ordinaire; épaisseur, 2,77mm. |
| — | $R_9$ + 33,437 » | |

Les indices de réfraction et les pouvoirs dispersifs sont les mêmes que ceux des matières employées pour les aplanats grands angulaires à paysages.

**64. Autres objectifs à grand angle.** — M. Voigtlander a construit, sous le nom d'euryscope grand angulaire, un objectif qui présente une certaine ressemblance avec les aplanats grands angulaires du Dr Steinheil; cette série comprend dix grandeurs d'objectifs.

Dans ces derniers temps, M. Voigtlander a construit des euryscopes grand angle avec les nouveaux verres de Schott, d'Iéna : l'image nette que donnent ces nouveaux objectifs est plus exempte d'aberration que celle obtenue avec les anciens ; il construit dix numéros d'objectif.

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES | FOYER | DIMENSION COUVERTE avec GRAND DIAPHRAGME | DIMENSION COUVERTE avec PETIT DIAPHRAGME |
|---|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 00 | 10,8 | 82 | 105 × 79 | 131 × 105 |
| 0 | 13 | 118 | 131 × 105 | 196 × 132 |
| 1 | 15 | 139 | 158 × 118 | 210 × 158 |
| 2 | 17 | 164 | 196 × 145 | 237 × 184 |
| 3 | 21,7 | 188 | 224 × 172 | 263 × 210 |
| 4 | 26 | 235 | 250 × 196 | 316 × 263 |
| 5 | 33 | 390 | 342 × 289 | 421 × 368 |
| 6 | 39 | 523 | 446 × 395 | 526 × 474 |
| 7 | 46 | 654 | 553 × 500 | 632 × 580 |
| 8 | 52 | 838 | 605 × 553 | 685 × 605 |

En Amérique, Morrisson a construit un objectif à grand angle composé d'un ménisque achromatique placé à l'avant de l'objectif; à l'arrière se trouve un autre ménisque non achromatique; cet objectif grand angulaire jouit d'une certaine faveur en Amérique.

§ 2. — Les objectifs à grande ouverture.

**65.** Nous désignons sous le nom d'objectifs à grande ouverture ceux dans lesquels l'aberration de sphéricité est corrigée suivant l'axe par la disposition des lentilles qui les constituent, et qui, *de plus*, permettent l'emploi de diaphragmes dont l'ouverture est supérieure ou au plus égale à $\frac{1}{10}$; ces objectifs comprennent :

1° L'*objectif double de Petzval* et *ses dérivés ;*
2° Les *rectilinéaires à portraits ;*
3° Les *euryscopes ;*
4° Les *antiaplanats ;*
5° Les *aplanats, rectilinéaires rapides, rectilignes*, etc.;
6° Les *orthoscopiques ;*
6° Les *triplets.*

Il existe d'autres objectifs dont l'aberration sphérique suivant l'axe est bien corrigé, mais qui par leur construction ne peuvent être employés qu'avec des diaphragmes dont l'ouverture est inférieure à $\frac{1}{10}$. Comme la principale qualité photographique résultant de l'aplanétisme est de permettre le travail avec de grands diaphragmes, nous avons classé dans la catégorie des non aplanétiques des objectifs qui dans le sens *physique* du mot sont cependant aplanétiques. C'est ainsi que nous avons décrit les aplanats grands angulaires et plusieurs autres objectifs dans la section précédente.

**66. Objectif double à portraits.** — L'objectif double à portraits, employé à peu près partout aujourd'hui, a été calculé, vers 1840, par Petzval, de Vienne. Comme nous le verrons plus loin, d'autres objectifs à plusieurs verres furent construits vers la même époque: ces formes d'objectifs n'ont plus qu'un intérêt de curiosité.

L'objectif de Petzval, connu sous le nom d'objectif à portraits, se compose d'une lentille achromatique sensiblement plan convexe, tournant sa convexité vers l'objet à reproduire, et d'une combinaison biconvexe formée d'un ménisque divergent en flint, placé à une certaine distance d'une lentille biconvexe en crown. Les deux systèmes de lentilles sont fixés aux extrémités d'un tube de cuivre: entre les deux lentilles se placent les diaphragmes à vannes (*fig. 52*).

Les considérations suivantes ont guidé Petzval dans le calcul des

éléments de cet objectif : la lentille frontale, qui est sensiblement plan convexe, donne une image exempte des aberrations sphérique et chromatique suivant l'axe lorsqu'elle est employée la face convexe tournée vers l'objet à reproduire ; l'image est d'une faible étendue, car pour les rayons obliques à l'axe les deux aberrations sont considérables. Par l'emploi d'une lentille placée entre la frontale et le verre dépoli, on peut réduire dans une très large mesure ces aberrations.

La combinaison postérieure de l'objectif a donc pour objet de détruire l'aberration sphérique de la frontale et d'allonger la distance focale des pinceaux obliques à l'axe, tout en réduisant l'astigmatisme au minimum. En rapprochant ou éloignant l'une de l'autre les deux lentilles postérieures, on réduit l'aberration sphéri-

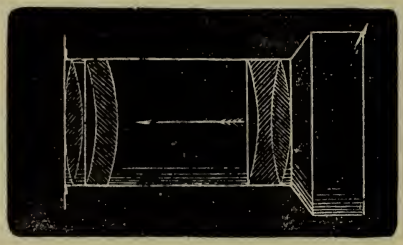


Fig. 52.

que. La lentille négative de la combinaison postérieure par sa forme ménisque dont la convexité est dirigée vers la frontale rend le champ de l'objectif entièrement plat. La lentille antérieure de l'objectif est généralement d'un diamètre un peu inférieur à celui de la lentille postérieure. On adopte cette disposition pour obtenir l'égalité de l'intensité lumineuse agissant sur l'étendue de la surface sensible ; on ne peut pas cependant augmenter outre mesure le diamètre de la lentille postérieure, parce que l'aberration sphérique pour les rayons obliques à l'axe et l'astigmatisme deviendraient considérables (*fig. 52*).

Voici les données adoptées par M. Dallmeyer pour la construction de cet objectif :

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre de la combinaison antérieure.. | | 29,77 |
| Crown biconvexe. | $R_1$ | 55,85 |
| | $R_2$ | 37,01 |
| Flint biconcave.. | $R_3$ | 37,01 |
| | $R_4$ | 102,662 |
| Diamètre de la combinaison postérieure.. | | 35,17 |

| | | |
|---|---|---|
| Flint divergent... | $R_5$ | 130,30 |
| | $R_6$ | 58,44 |
| Crown biconcave. | $R_7$ | 101,95 |
| | $R_8$ | 101,95 |
| Distance des deux combinaisons | | 24,24 |
| Foyer principal | | 10.000 |
| Plus grand diaphragme, $\frac{1}{4}$ | | 2.800 |
| Plus petit diaphragme, $\frac{1}{25}$ | | 400 |

L'objectif à portraits *(fig. 53)* peut s'employer à toute ouverture ; mais le champ de netteté est alors très réduit, et son diamètre ne dépasse pas $\frac{1}{4}$ de la distance focale. Avec un diaphragme dont le diamètre est le dixième de la distance focale $\left(\frac{1}{10}\right)$, la netteté s'étend sur un cercle dont le diamètre est $\frac{f}{2}$ ; enfin, avec le diaphragme $\frac{1}{25}$, le diamètre de l'image nette est sensiblement égal à $f$.

Dallmeyer construit deux séries d'objectifs à portraits de la forme

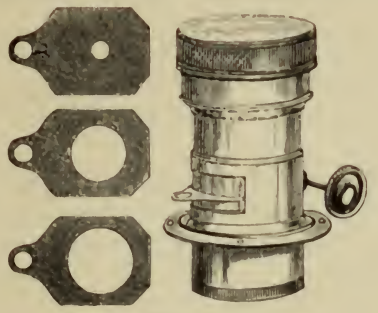


Fig. 53.

calculée par Petzval. Il désigne la plus rapide sous la lettre C. Ces objectifs, extrêmement lumineux, conviennent surtout pour obtenir des portraits d'enfants et pour les poses instantanées dans l'atelier. La série C comprend les objectifs suivants :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | DIMENSION de la PLAQUE. | DIAPHRAGMES maximum. | DIAPHRAGMES minimum. |
|---|---|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| 2 *C* | 70 | 150 | 108 × 82 | $\frac{1}{2,45}$ | $\frac{1}{9,8}$ |
| 3 *C* | 88 | 200 | 121 × 102 | $\frac{1}{2,49}$ | $\frac{1}{14,1}$ |

En France, MM. Darlot, Derogy, Fleury-Hermagis, Français, etc., construisent, sous le nom d'objectifs « extra-rapides, » des appareils assez semblables à ceux de la série C de M. Dallmeyer et qui donnent de très bons résultats.

La série B comprend les objectifs rapides pour portraits :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | DIMENSION COUVERTE. | DIAPHRAGMES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | maximum. | minimum. |
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| 1 *B* | 51 | 150 | 82 × 80 | $\frac{1}{3,53}$ | $\frac{1}{14,2}$ |
| 1 *B* (long foyer.) | 54 | 160 | 82 × 80 | $\frac{1}{3,74}$ | $\frac{1}{14,9}$ |
| 2 *B* | 70 | 216 | 127 × 102 | $\frac{1}{3,31}$ | $\frac{1}{13,2}$ |

L'objectif à portraits n'est pas exempt de distorsion; il possède plus ou moins d'astigmatisme et ne saurait donc convenir pour d'autres objets que la production des portraits.

**67**. Les premiers objectifs à portraits furent construits vers 1840. Plusieurs opticiens, parmi lesquels Charles Chevalier, mirent en vente dès cette époque des objectifs à verres combinés. Ces objectifs étaient composés de deux lentilles achromatiques : l'un ménisque convergent placé du côté de la glace dépolie et tournant sa convexité vers celle-ci, l'autre biconcave ou plano-convexe tournée vers l'objet; entre la frontale et le sujet on plaçait le diaphragme. La lentille frontale pouvait être remplacée par une lentille à foyer plus court; la lentille postérieure pouvait servir comme objectif simple.

Cet objectif obtint, en 1842, une médaille de platine de la Société d'encouragement; l'objectif de Petzval, construit par Voigtlander, obtenait dans le même concours une médaille d'argent. La priorité de la construction d'un objectif formé par la combinaison de deux systèmes de lentilles peut donc être discutée; mais ce que personne ne contestera, c'est que l'on se sert encore de la forme d'objectif de Petzval, tandis que la forme de l'objectif Chevalier a été rapidement abandonnée et est aujourd'hui complètement délaissée.

Les premiers objectifs construits par Voigtlander possédaient un foyer chimique (tous les objectif jusqu'au nº 720 de fabrication présentaient ce défaut); en France, Hermagis semble avoir été l'un des premiers opticiens qui soient parvenus à corriger cette aberration.

Le diaphragme se plaçait presque au contact de la lentille frontale. L'op-

ticien Buron, en 1840, sur les conseils de M. Fortier[1], plaça le diaphragme entre les deux lentilles : c'est ce dispositif qui est généralement adopté aujourd'hui.

**68. Modification de l'objectif à portraits.** — L'objectif Petzval donne une très grande netteté sur une petite surface et cette netteté diminue rapidement à mesure que l'on s'éloigne du centre de l'image : de plus, la profondeur de foyer est très peu considérable, ce qui fait que dans un portrait, si les yeux sont mis *au point*, l'arrière de la tête manque de netteté. Claudet avait insisté sur ce défaut[2]. Pour l'atténuer, il avait proposé de faire un portrait en mettant successivement pendant la pose les yeux, le nez, les oreilles au foyer ; mais comme la dimension de l'image change pendant les diverses mises au point, il fait varier la distance des deux lentilles d'arrière, la postérieure s'éloignant ou se rapprochant de façon à ce que les dimensions de l'image soient augmentées ou réduites convenablement.

Le R. J.-B. Reade[3] avait proposé un autre moyen, qui consiste à mettre au point la partie la plus rapprochée du modèle, le nez, par exemple. Il fait alors une marque sur le tube de l'objectif : il met ensuite au point les parties les plus éloignées de la chambre noire, les oreilles, et fait une autre marque sur le tube. Pendant la pose, au moyen de la crémaillère et de son pignon, il fait aller et venir l'objectif d'une marque à l'autre. M. Claudet[4] trouvait avec raison que, mouvoir pendant l'exposition à la lumière le tube entier de l'objectif ou le châssis à glace sensible est une chose impraticable : en fait, jamais aucun spécimen de cette nature n'a été produit : un tel mouvement a pour effet de modifier la dimension de l'image sur la glace dépolie. Pour éviter un tel inconvénient, il s'agissait de rendre variable la distance qui sépare les deux verres. Le Dr Sommer, de Brunswick, calcula un objectif de cette nature, et montra qu'il valait mieux faire marcher les deux verres dans une direction opposée à partir du centre de la combinaison, et chacun dans une proportion différente, suivant la distance de l'appareil au modèle et suivant la constitution optique de l'objectif. La figure 54 représente le dispositif adopté.

1. *Bulletin de la Société française*, 1857, p. 238.
2. *British journal of Photography*, 1866, août 31.
3. *Phot. News*, 1886.
4. *Bull. Société française de photographie*, 1867, p. 146.

AB lentilles pouvant glisser l'une vers l'autre ;

SSS tubes contenant les lentilles ;

LL′ goupilles servant à entraîner à droite et à gauche les lentilles ;

NN′N″ sextant recevant le mouvement par la vis X ;

MM′ coulisses servant à entraîner les goupilles LL′ ;

$V_1R$ pignon et crémaillère permettant au sextant de se mouvoir sur la tige PP′ et servant à rapprocher ou éloigner les deux verres.

L'arc du sextant porte 100 divisions, marquées d'une façon correspondant à chaque lentille ; la graduation indique la marche pro-

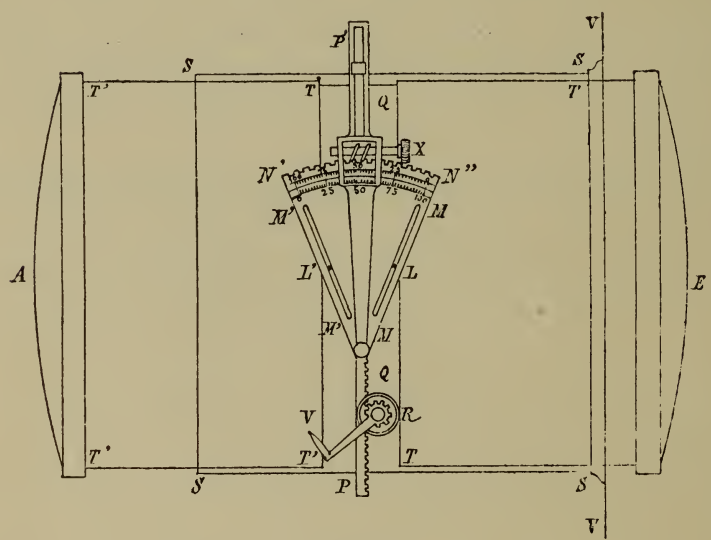



Fig. 54.

portionnelle de la lentille à partir du 0 et l'addition des deux divisions en regard représente le mouvement total.

On règle d'abord l'instrument pour la distance du modèle à l'aide de la vis X ; on le met par exemple à 23,5 et 76,5. Dans ces conditions, A marchera de 23,5 et B de 76,5. Le mouvement s'effectue en agissant sur la crémaillère : on adapte un contrepoids suivant la tige PP′ pour contrebalancer le frottement ; on peut aussi y adapter un mouvement d'horlogerie.

La construction de cet objectif est assez délicate ; son maniement présente d'ailleurs des diffficultés telles qu'on a dû l'abandonner.

**69. Objectif à foyer variable.** — M. Dallmeyer[1] a repris l'étude de la diffusion du foyer et a résolu d'une manière pratique le problème que s'était posé M. Claudet : il a construit tout une série d'objectifs répondant à la question.

Les objectifs nouveaux permettent d'obtenir telle diffusion du foyer, telle répartition de finesse que l'on peut désirer. Ils se composent de deux systèmes de lentilles. Le rapport des foyers antérieur et postérieur est comme 2 est à 3 : le rapport des rayons de courbure pour la surface extérieure est comme 1 est à 5. D'ailleurs, le rapport de l'ouverture effective à la distance focale de la combinaison tout entière est comme 1 est à 3. L'image comprend sans distorsion un angle de 60°.

La lentille de crown de la combinaison postérieure a une forme légèrement ménisque (*fig.* 55), et celle de ses surfaces qui touche

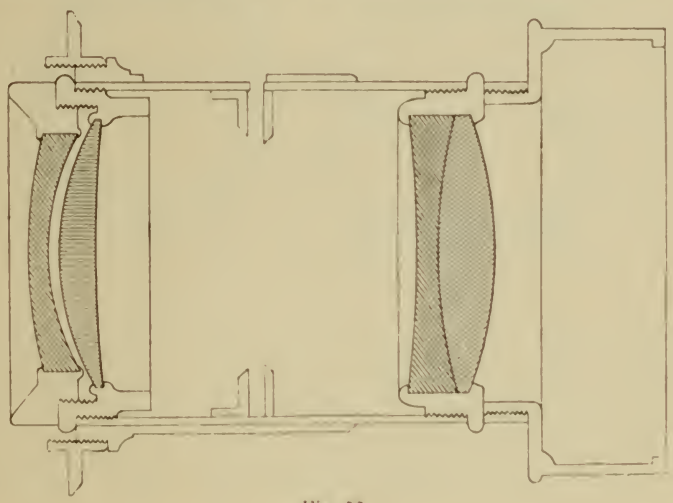


Fig. 55.

la lentille plan convexe a un rayon de courbure différent du rayon de celle-ci. Le rayon de courbure de la surface antérieure de la lentille en crown de la combinaison antérieure, et le rayon de courbure de la surface postérieure de la lentille en flint de la combinaison postérieure sont tels que les réfractions soient également partagées entre ces deux lentilles.

1. *Bristish journal of Photography*, 21 déc. 1866, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866.

Le flint de la combinaison postérieure est monté dans un tube que l'on peut faire mouvoir au moyen d'une vis, ce qui permet de l'éloigner du crown appartenant à la même combinaison. Quatre divisions sont marquées sur le tube qui porte le flint, un arrêt est tracé de même au point où doit se trouver le crown pour détruire l'aberration sphérique, et l'on peut à l'aide de ces indications donner aux lentilles tel degré d'écartement, et, par suite, produire telle diffusion de foyer que l'on désire ; l'on introduit ainsi dans l'objectif une aberration sphérique qui altère la netteté de l'image sur toute son étendue et l'on augmente ainsi la profondeur de foyer (*fig.* 56, 57).

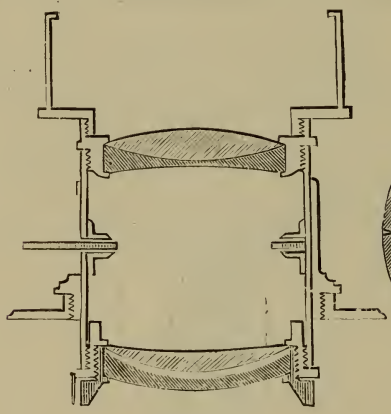


Fig. 56.

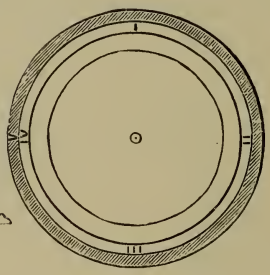


Fig. 57.

Lorsque le tube portant le flint est complètement vissé dans la monture des lentilles, l'objectif tout entier est corrigé sous le rapport des aberrations sphériques et chromatiques pour les pinceaux perpendiculaires et obliques à l'axe. En faisant mouvoir la vis, on modifie la netteté de *toute* l'image, on obtient une netteté moyenne qui satisfait l'œil.

Pour un portrait destiné à l'agrandissement, l'objectif doit être employé sans dévisser la lentille postérieure. Si l'on veut produire un portrait du format carte-album ou au-dessus, on peut dévisser de plusieurs tours après avoir mis au foyer.

Cet objectif est fabriqué de trois manières différentes, désignées par les lettres B, A, D.

B. Les objectifs B sont les objectifs *rapides;* ils sont destinés aux petites dimensions.

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | SURFACES COUVERTES. | DIAPHRAGMES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | maximum. | minimum. |
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| Stéréographique. | 38 | 127 | Stéréoscope. | $\frac{1}{4.24}$ | $\frac{1}{16.9}$ |
| 2 *B* | 70 | 216 | 80 × 82 | $\frac{1}{3.31}$ | $\frac{1}{13.2}$ |
| 3 *B* | 90 | 265 | 165 × 121 | $\frac{1}{3.24}$ | $\frac{1}{18.3}$ |
| 4 *B* | 114 | 350 | 216 × 165 | $\frac{1}{3.31}$ | $\frac{1}{18.7}$ |

A. Les objectifs de la série A exigent environ un temps de pose double de celui nécessité par les objectifs B.

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER | SURFACES COUVERTES. | DIAPHRAGMES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | maximum. | minimum. |
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| 1 *A* | 70 | 250 | 127 × 102 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{16}$ |
| 2 *A* | 89 | 337,5 | 165 × 121 | $\frac{1}{4.18}$ | $\frac{1}{23.6}$ |
| 3 *A* | 102 | 400 | 216 × 165 | $\frac{1}{4.36}$ | $\frac{1}{24.6}$ |
| 4 *A* | 114 | 450 | 254 × 203 | $\frac{1}{4.36}$ | $\frac{1}{24.6}$ |
| 5 *A* | 127 | 525 | 380 × 380 | $\frac{1}{4.69}$ | $\frac{1}{18.7}$ |
| 6 *A* | 152 | 700 | 508 × 405 | $\frac{1}{5.19}$ | $\frac{1}{20.8}$ |

D. Les objectifs de la série D exigent un temps de pose à peu près double de celui des objectifs de la série A : ils ont été primitivement construits pour obtenir des groupes en plein air ou faire des études dans l'atelier (*fig. 58*).

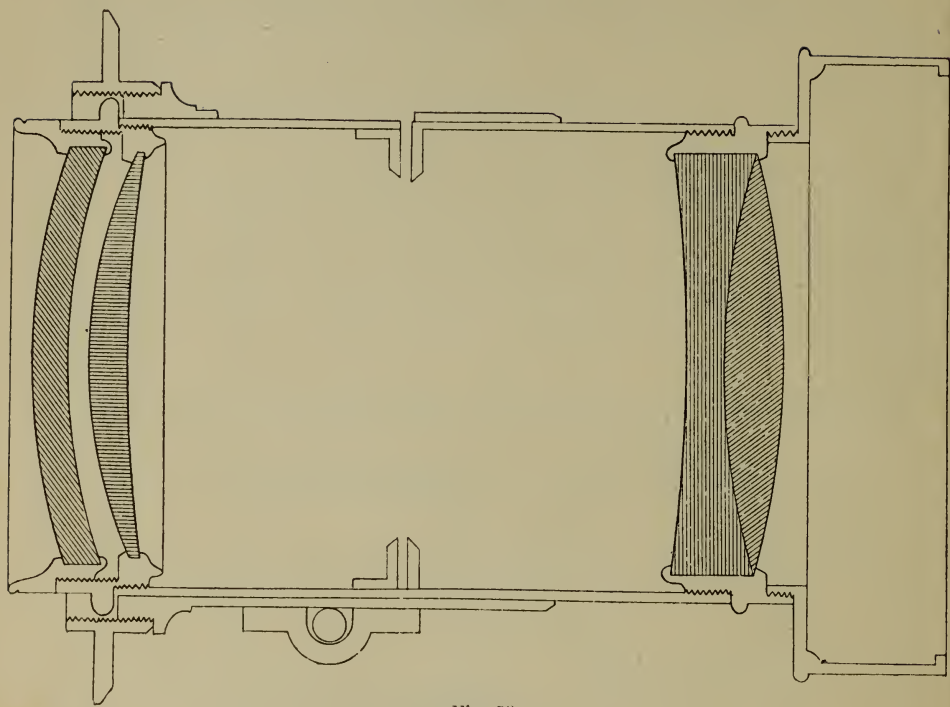


Fig. 58.

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER PRINCIPAL. | DIMENSIONS du GROUPE. | DIMENSIONS du PAYSAGE. | DIAPHRAGMES maxim. | DIAPHRAGMES minim. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. | millimètres. | | |
| 3 D | 54 | 315 | 215 × 164 | 253 × 202 | $\frac{1}{6,59}$ | $\frac{1}{37,3}$ |
| 4 D | 73 | 425 | 253 × 202 | 303 × 253 | $\frac{1}{7,07}$ | $\frac{1}{40}$ |
| 5 D | 82 | 475 | 303 × 253 | 381 × 305 | $\frac{1}{6,32}$ | $\frac{1}{35,7}$ |
| 6 D | 102 | 600 | 380 × 303 | 457 × 404 | $\frac{1}{6,71}$ | $\frac{1}{37,9}$ |
| 7 D | 127 | 762,5 | 457 × 404 | 558 × 506 | $\frac{1}{6,71}$ | $\frac{1}{37,9}$ |
| 8 D | 152 | 925 | 557 × 506 | 663 × 531 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{28}$ |

**70. Objectifs de M. Voigtlander.** — En 1878, M. Voigtlander (le premier opticien qui ait construit l'objectif Petzval) modifia sa fabrication. Il employait du flint de densité 3.21 et d'indice de réfraction 1.602. Le crown avait pour indice 1.536 et une densité égale à 2.51. L'appareil était composé d'un ménisque convergent achromatique placé à l'avant et d'un ménisque plan convexe placé à l'arrière, les deux convexités étant en dehors. La distance focale étant égale à 10.000, l'intervalle entre les deux lentilles était 5.3. La distance focale de la combinaison antérieure et celle de la lentille postérieure étaient entre elles comme 3 est à 2. Les autres données étaient les suivantes :

Lentille frontale :

| | | |
|---|---|---|
| Crown... | $R_1$ | $+6.700$ |
| | $R_2$ | $+5.417$ |
| Flint..... | $R_3$ | $-5.417$ |
| | $R_4$ | $-6.00$ |

Distance des deux lentilles..... 5.3

| | | |
|---|---|---|
| Crown... | $R_5$ | $+\infty$ |
| | $R_6$ | $+2.5$ |
| | $R_7$ | $-2.5$ |
| | $R_8$ | $+6.7$ |

En 1879 (brevet n° 5761, du 25 juin 1879), Voigtlander a de nouveau modifié les données précédentes : il avait adopté :

Foyer de l'ensemble : 10.000.

Rapport des foyers des deux lentilles : $\frac{\text{Frontale}}{\text{Intérieure}} = \frac{3}{5}$.

Les rayons de courbure étaient les suivants :

Lentille frontale :

| | | |
|---|---|---|
| Crown biconvexe.. | $R_1$ | $+5.4545$ |
| | $R_2$ | $+4.3182$ |
| Flint plan concave. | $R_3$ | $-4.3182$ |
| | $R_4$ | $-54.54$ |

Lentille postérieure :

| | | |
|---|---|---|
| Ménisque de flint.. | $R_5$ | $+10.909$ |
| | $R_6$ | $-3.833$ |
| Crown biconvexe.. | $R_7$ | $+4.742$ |
| | $R_8$ | $+16.3636$ |

Cette forme d'objectif et la précédente ont été de nouveau modifiées en 1881 de façon à donner plus de profondeur de foyer à l'objectif tout en lui conservant la même ouverture.

**71. Rectilinéaires à portraits.** — En 1869, J.-H. Dallmeyer construisit un objectif symétrique dont l'ouverture était $\frac{f}{4}$. Cet objectif présentait l'avantage d'être complètement exempt de distorsion; mais le champ était plus courbe que celui donné par les objectifs de

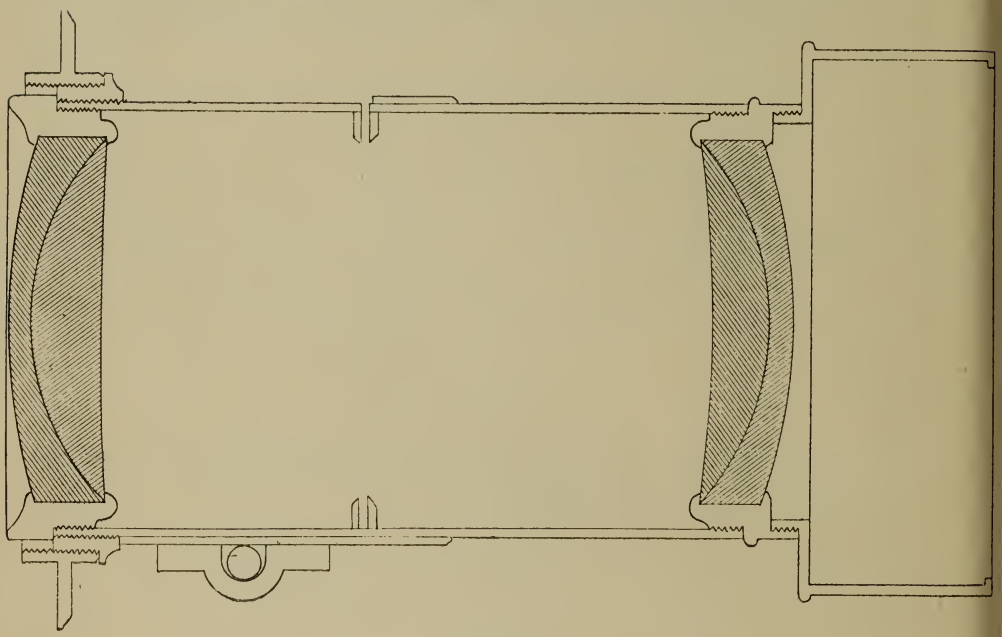


Fig. 59.

l'ancienne forme Petzval. En 1878, Dallmeyer perfectionna cet objectif, qui fut mis dans le commerce en 1886, sous le nom de *rectilinéaire à portraits*.

La forme générale de cet objectif (*fig. 59*) se rapproche de celle du rectilinéaire rapide de Dallmeyer. L'image que l'on obtient par son emploi est plus brillante que celle donnée par la forme d'objectif Petzval, parce que dans les rectilinéaires à portraits il y a deux surfaces réfléchissantes de moins que dans l'instrument à portraits.

Les deux lentilles qui constituent la combinaison postérieure sont, en effet, réunies à l'aide de baume du Canada au lieu d'être séparées

par une lame d'air, comme cela existe dans les objectifs ordinaires à portraits. La distance qui sépare les deux lentilles (comme on peut le voir d'après la figure 59, qui représente très exactement une section suivant l'axe d'un objectif de 152 millimètres de foyer) est bien plus considérable que celle adoptée dans le système « *rectilinéaire rapide*. »

Il est difficile, dans ce système, de corriger l'aberration sphérique et l'aberration chromatique pour les pinceaux obliques à l'axe : c'est là ce qui explique pourquoi la construction de tels objectifs n'est possible que si l'on se borne à les établir pour des distances focales relativement courtes. M. Dallmeyer construit deux dimensions de ces objectifs :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER | DIMENSIONS de L'ÉPREUVE | PLUS GRAND DIAPHRAGME | PLUS PETIT DIAPHRAGME |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 51 | 152 | 81 × 110 | $\frac{1}{3,5}$ | $\frac{1}{14,1}$ |
| 2 | 70 | 216 | 102 × 127 | $\frac{1}{3,39}$ | $\frac{1}{13,5}$ |

**72. Euryscope à portraits.** — M. Voigtlander a construit en 1878, sous le nom d'euryscope, un objectif symétrique destiné à tous les genres de travaux photographiques. L'objectif admettait des diaphragmes dont la plus grande ouverture était environ $\frac{f}{6}$ ; ces objectifs sont en réalité des modifications de l'aplanétique. Dans ces derniers temps, le même opticien a construit pour le portrait des objectifs à très grande ouverture qui présentent sur les anciens objectifs à portraits de nombreux avantages[1] sous le rapport de la profondeur de foyer et de la dimension couverte ; de plus, l'image possède plus de brillant que celle qu'on obtiendrait avec l'ancien objectif Petzval.

L'euryscope à *portraits* est construit de deux manières différentes :

1. Voir le rapport de la Société photographique de Vienne, *in Phot. corresp.*, 28 mai 1886.

la première série comprend l'euryscope à *foyer normal* d'indice $\frac{f}{4}$ et la seconde l'euryscope à *long foyer* d'indice $\frac{f}{4,5}$.

La première série comporte cinq objectifs :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER de L'OBJECTIF. | DIMENSION COUVERTE avec PETIT DIAPHRAGME |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 3 | 52 | 199 | 156 × 117 |
| 4 | 65 | 253 | 195 × 156 |
| 5 | 78 | 299 | 234 × 182 |
| 6 | 91 | 364 | 286 × 208 |
| 7 | 104 | 455 | 390 × 312 |

L'Euryscope à long foyer se construit dans huit dimensions différentes :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER de L'OBJECTIF. | DIMENSION COUVERTE avec PETIT DIAPHRAGME. |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 39 | 162 | 118 × 92 |
| 2 | 46 | 188 | 156 × 117 |
| 3 | 52 | 216 | 182 × 130 |
| 4 | 65 | 280 | 222 × 170 |
| 5 | 78 | 338 | 275 × 222 |
| 6 | 91 | 398 | 312 × 260 |
| 7 | 104 | 502 | 390 × 340 |
| 8 | 130 | 650 | 520 × 416 |

**73. L'antiplanat de Steinheil.** — Ces objectifs (de ἀντι, contre, πλανάω, errer) ont été calculés par le Dr Steinheil en 1881. Ils se composent de deux systèmes de lentilles, non symétriques, relativement épaisses. La lentille antérieure a une distance focale qui est plus courte que la distance focale de tout l'objectif; la lentille postérieure est divergente, elle permet d'obtenir une grande profondeur de foyer; l'épaisseur de cette lentille est considérable.

Le Dr Steinheil construit deux sortes d'antiplanats : il désigne la première sous le nom d'*antiplanat pour portraits*. Dans cette série chaque instrument présente sensiblement la même ouverture que celle des anciens objectifs Petzval, mais possède plus de profondeur de foyer que tout autre appareil. Il se compose de deux systèmes de lentilles. La combinaison antérieure a un diamètre plus grand que celui de la combinaison postérieure *(fig. 60)*; la première contient

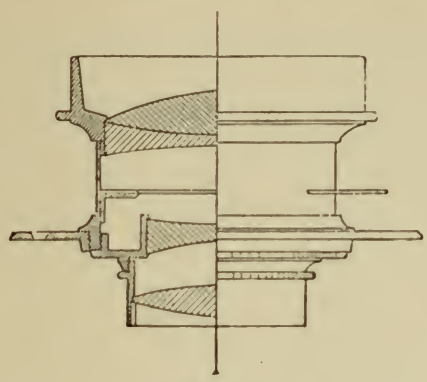


Fig. 60.

une lentille biconvexe de crown collée à une lentille biconcave de flint. La combinaison postérieure est formée d'une lentille biconcave de flint placée à une certaine distance d'une lentille biconvexe de crown; l'ensemble constitue un système divergent destiné à allonger la distance focale de la première lentille.

Voici les données qui servent à la construction d'un objectif de 24 centimètres de foyer :

Diamètre de la combinaison antérieure..... 76 mill.
Foyer principal..... 240 —

Rayons de courbure : combinaison antérieure :

$R_1 = +\ 72{,}244$ mill. } Crown.
$R_2 = +\ 240{,}81$ » } Épaisseur au centre, 14,7 mill.
$R_3 = -\ 240{,}81$ » } Flint léger.
$R_4 = -\ 535{,}14$ » } Épaisseur au centre, 5,35 mill.

Distance de la frontale à la combinaison postérieure, 26,7 mill.

Combinaison postérieure :

$R_5 = -\ 140{,}93$ mill. } Flint léger.
$R_6 = -\ 61{,}951$ » } Épaisseur au centre, 5,35 mill.

Distance de la lentille biconvexe à la lentille biconcave. 15,8 mill.

$R_7 = +109{,}83$ mill. } Crown.
$R_8 = +\ 95{,}30$ — } Épaisseur au centre, 10,7 mill.

Indices de réfraction pour le jaune : Crown 1,51705 flint 1,57710
— — pour le violet : » 1,53250 » 1,60229

$$\frac{d'_n}{d_n} = 1{,}6183.$$

M. Steinheil construit actuellement ces objectifs dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE des LENTILLES. | FOYER. | DIMENSIONS de L'IMAGE. |
|---|---|---|---|
| | millimètres. | millimètres. | millimètres. |
| 1 | 16 | 50 | 20 × 30 |
| 1 *a* | 40 | 120 | 35 × 60 |
| 1 *b* | 59 | 180 | 37 × 65 |
| 2 | 76 | 240 | 56 × 94 |
| 3 | 92 | 320 | 100 × 140 |
| 4 | 135 | 500 | 150 × 210 |

L'*antiplanat pour groupes* se compose de deux systèmes de lentilles. La combinaison antérieure est formée par une lentille bicon-

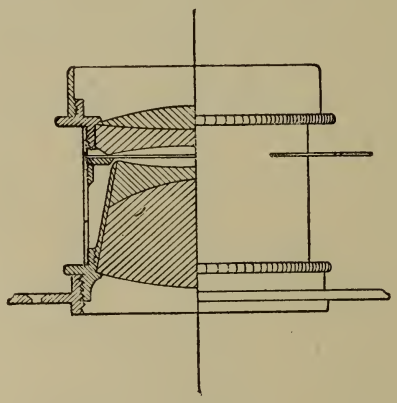


Fig. 61.

vexe de flint réunie à une lentille biconcave de crown : ce système présente une longueur focale *plus courte* que celle donnée par l'ensemble de tout l'objectif. La combinaison postérieure a pour but

d'allonger la distance focale et de corriger les aberrations de la frontale, aberrations qui sont considérables. Cette combinaison est constituée par une lentille biconcave de flint collée à une lentille biconvexe de crown : elle présente des aberrations de sens contraire à celles de la lentille antérieure. L'ensemble (*fig. 61*) constitue un objectif possédant une grande profondeur de foyer, donnant des images d'une grande finesse, et dont le champ de netteté est, eu égard à l'ouverture, considérablement plus grand que dans les objectifs de la série précédente : ceci ressort de l'examen du tableau suivant :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragme moyen. | Plus petit diaphragme. |
| 0 | 9 | 48 | 34 × 27 | 51 × 44 |
| 1 | 17 | 95 | 68 × 54 | 102 × 88 |
| 1 *b* | 21 | 124 | 81 × 64 | 125 × 110 |
| 2 | 25 | 144 | 95 × 74 | 149 × 135 |
| 3 | 33 | 184 | 122 × 95 | 203 × 176 |
| 4 | 43 | 240 | 158 × 108 | 248 × 200 |
| 5 | 48 | 275 | 169 × 135 | 284 × 230 |
| 6 | 64 | 360 | 217 × 176 | 305 × 257 |
| 7 | 78 | 440 | 265 × 215 | 375 × 315 |

L'objectif de 43 millimètres est construit d'après les données suivantes :

Ouverture..... 43 millimètres.
Foyer..... 240 »

Rayons de courbure : lentille frontale $R_1 = +\ 64{,}1$ } Flint léger ; épaisseur
— — $R_2 = +\ 287{,}2$ } au centre, 4,92mm.
— — $R_3 = -\ 287{,}2$ } Crown ; épaisseur au
— — $R_4 = -\ 98{,}4$ } centre, 4,1mm.

Distance de la frontale à la lentille postérieure, 4.1.

Combinaison postérieure..... $R_5 = -\ 98{,}4$ } Flint léger ; épaisseur
— $R_6 = -\ 34{,}44$ } au centre, 3,28mm.
— $R_7 = +\ 34{,}44$ } Crown ; épaisseur au
— $R^8 = +\ 72{,}14$ } centre, 24,6mm.

La nature des verres est la même que celle des antiplanats pour portraits.

**74. L'aplanat ou aplanétique du Dr Steinheil.** — Nous avons vu (p. 58) qu'en plaçant à l'avant d'un objectif simple un diaphragme, la distorsion a lieu suivant la figure 26 ; en le plaçant à l'arrière, elle a lieu en sens inverse. En réunissant deux objectifs simples dans la même monture,

plaçant le diaphragme au milieu, les deux surfaces convexes étant à l'extérieur, on conçoit que l'on puisse produire une image sans distorsion. Un tel système employé pour reproduire l'image d'une droite ne donnera pas de distorsion, parce que la première lentille donnerait la distorsion en forme de *barillet,* la seconde en forme de *croissant :* ces deux défauts s'annulent; mais le champ de l'image est très courbe.

En plaçant les lentilles de manière à ce que leur concavité soit à l'intérieur du tube, la distorsion est donc annulée, en vertu du principe de symétrie, et le champ n'est pas très courbe ; mais l'aberration de sphéricité

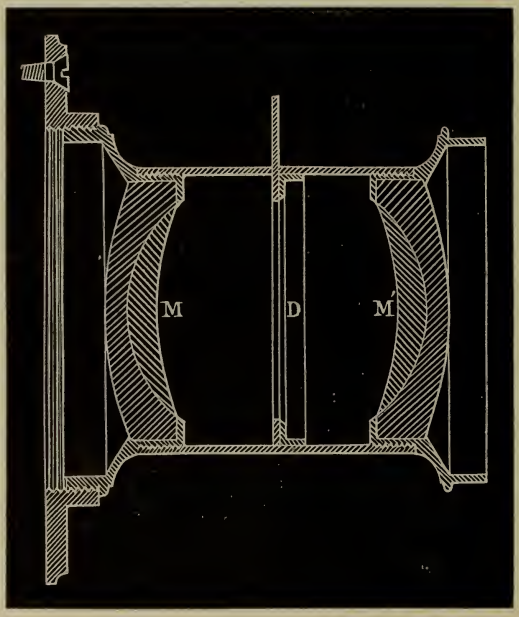



Fig. 62.

prend des proportions considérables, et pour corriger ce défaut on est obligé d'employer de petits diaphragmes : c'est ce que Harisson a fait pour l'objectif-globe (voir p. 78).

Sutton avait proposé[1] de corriger l'aberration sphérique par une lentille divergente placée entre les deux objectifs simples; mais ce système n'a pas été employé.

Le Dr Steinheil voulut produire un objectif exempt d'aberration sphérique en se servant de deux lentilles symétriques de courbures convenables, taillées dans des matières spéciales : il obtint l'objectif aplanétique. Le premier de ces objectifs fut envoyé à Van Monckhoven le 20 juillet 1866. Le système de construction fut breveté quelques mois après[2]. La nouveauté

1. *Journal Phot. London. Soc.*, V, 6, p. 247.
2. 14 janvier 1867.

de ce système consistait en l'emploi de deux ménisques de flint. Ces ménisques étaient symétriques, ce qui permettait de réaliser deux avantages : 1° l'absence de distorsion; 2° l'égalité de l'angle d'émergence quelle que soit la couleur du point rayonnant [1].

Un tel système optique (deux lentilles MM′ collées ensemble et symétriques entre elles) fournit quatre éléments : trois surfaces optiques et la distance qui sépare les deux lentilles combinées. L'on peut donc réaliser quatre conditions : 1° la distance focale; 2° la destruction de l'aberration chromatique; 3° la destruction de l'aberration sphérique; 4° rendre le champ plat. Ces conditions seraient insuffisantes pour annuler l'aberration sphérique obliquement à l'axe et l'astigmatisme. Le choix des matières constituant les lentilles permet de détruire ces défauts. Le calcul démontre que les

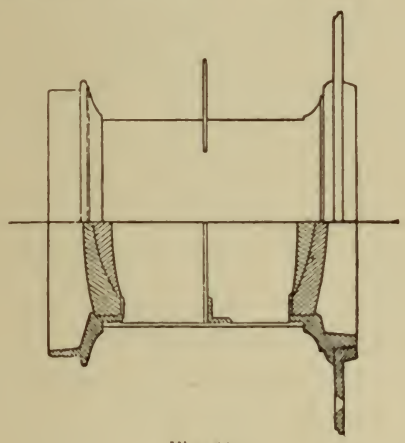


Fig. 63.

surfaces de l'objectif doivent être très courbes, que, de plus, pour détruire les aberrations sphérique et chromatique, le rapport des pouvoirs réfringents des deux verres doit être fort petit, et le rapport des pouvoirs dispersifs très considérable. C'est ce qui amena le Dr Steinheil à se servir de deux flints et non de crown et de flint dont les pouvoirs réfringents diffèrent trop. Les deux flints choisis sont : l'un, le flint léger ordinaire; l'autre, un flint très lourd (*fig. 62*).

L'aplanat est formé d'un tube cylindrique (*fig. 63*) aux extrémités duquel se trouvent deux lentilles achromatiques entièrement en flint; les deux ménisques sont identiques et symétriquement placés par rapport au diaphragme. Ce diaphragme est d'ouverture maxima $\frac{f}{7}$; avec le plus petit diaphragme $\frac{f}{40}$, le diamètre du champ circulaire de netteté est d'environ 60°.

1. Van Monckhoven, *Bulletin belge de photographie*, 1867, p. 251.

Voici les données relatives à un aplanat de 38,5 millimètres de diamètre :

Diamètre des lentilles... 38,5 millimètres.

Distance focale..... 240 —

| | | |
|---|---|---|
| Rayons de courbure : combinaison antérieure. | $R_1 = +62{,}84^{mm}$ | Flint ordinaire. |
| | $R_2 = -26{,}236$ | Épaisseur au centre, $2{,}5^{mm}$. |
| | $R_3 = +26{,}236^{mm}$ | Flint léger. |
| | $R_4 = -91{,}411$ | Épaisseur au centre, $4{,}7^{mm}$. |

Distance des deux lentilles.... $43{,}0^{mm}$.

| | | |
|---|---|---|
| Combinaison postérieure. | $R_5 = -91{,}411^{mm}$ | Flint léger. |
| | $R_6 = +26{,}236$ | Épaisseur au centre, $4{,}7^{mm}$. |
| | $R_7 = -26{,}236^{mm}$ | Flint ordinaire. |
| | $R_8 = +62{,}84$ | Épaisseur au centre, $2{,}5^{mm}$. |

Indices de réfraction pour le jaune : flint léger..... 1,58027

— — flint ordinaire. 1,61912

Rapport des pouvoirs dispersifs..... 1,2436

Le Dr Steinheil construit actuellement les objectifs suivants qui présentent plus de rapidité que ceux fabriqués il y a quelques années.

| N.s | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Moyen diaphragme. | Petit diaphragme. |
| 1 | 7 | 4,1 | 34 × 27 | 51 × 44 |
| 2 | 15,8 | 9,5 | 68 × 54 | 102 × 83 |
| 3 | 24,8 | 14,2 | 95 × 74 | 149 × 135 |
| 4 | 31,6 | 18,9 | 122 × 95 | 203 × 176 |
| 4 *b* | 38 | 24,0 | 159 × 120 | 270 × 210 |
| 5 | 42,9 | 27,7 | 169 × 125 | 284 × 230 |
| 6 | 51,9 | 35,9 | 217 × 176 | 305 × 257 |
| 7 | 60,9 | 44,0 | 257 × 217 | 325 × 284 |
| 8 | 74,5 | 53,8 | 318 × 264 | 379 × 305 |
| 9 | 88 | 63,6 | 379 × 313 | 433 × 325 |
| 10 | 115 | 83,9 | 433 × 338 | 568 × 433 |

Une Commission nommée par la Société française de photographie a été chargée d'examiner un de ces objectifs; le travail fut fait par MM. Civiale, Davanne, Ad. Martin, rapporteur. La Commission a déclaré que cet objectif avait « de grandes qualités de finesse qui lui paraissaient dues à un travail bien soigné des surfaces dont le mode de polissage est évidemment supérieur à celui qui est ordinairement usité en France[1] ».

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1868, p. 36.

**75. L'aplanat pour paysages.** — Cet aplanat, construit par le Dr Steinheil, est spécialement destiné à l'obtention de clichés de paysages, vues renfermant des monuments, etc.; il peut aussi servir pour les reproductions de cartes, plans (*fig. 64*).

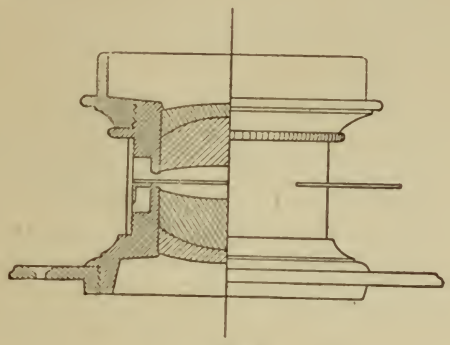


Fig. 64.

Cet objectif est moins lumineux que l'aplanat ordinaire : son ouverture est $\frac{f}{12}$ pour les petits objectifs, $\frac{f}{15}$ pour les grands. L'angle qu'il embrasse est plus considérable que celui fourni par l'ancien aplanat, comme le montre le tableau suivant :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES. en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS DE L'IMAGE en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragme moyen. | Petit diaphragme. |
| 1 | 5,5 | 58 | 48 × 38 | 75 × 60 |
| 2 | 9 | 77 | 61 × 50 | 100 × 75 |
| 3 | 12 | 122 | 95 × 75 | 150 × 120 |
| 4 | 17 | 162 | 125 × 100 | 200 × 150 |
| 5 | 23 | 240 | 175 × 138 | 280 × 200 |
| 6 | 36 | 390 | 263 × 207 | 350 × 280 |
| 7 | 54 | 600 | 350 × 280 | 520 × 410 |

Les principes qui président à la construction de cet aplanat (*fig. 64*) sont les mêmes que ceux qui servent pour la construction de l'aplanat primitif. Voici les données qui servent à la fabrication d'un aplanat de 24 centimètres de foyer :

Diamètre des lentilles..... ..... 23 mill.
Longueur du foyer principal..... 240 »

Rayons de courbure, combinaison extérieure :

| | | |
|---|---|---|
| $R_1 = +$ 45,730 mill. | Flint ordinaire. | |
| $R_2 = -$ 20,100 — | Épaisseur au centre, 2,24 mill. | |
| $R_3 = +$ 20,100 — | Flint léger. | |
| $R_4 = -$ 56,272 — | Épaisseur au centre, 8,7 mill. | |
| Distance des deux lentilles..... | | 5,61 mill. |

Combinaison postérieure :

| | | |
|---|---|---|
| $R_5 = -$ 56,272 mill. | Flint léger. | |
| $R_6 = +$ 20,100 — | Épaisseur au centre, 8,7 mill. | |
| $R_7 = -$ 20,100 — | Flint ordinaire. | |
| $R_8 = +$ 45,730 — | Épaisseur au centre, 2,24 mill. | |
| Indices de réfraction pour la raie *d*..... ... | | 1,58027 |
| — — — ..... | | 1,61588 |
| Rapport des pouvoirs dispersifs..... | | 1,2161 |

Dans ces derniers temps, M. Steinheil a construit une trousse d'objectifs aplanétiques pour paysages; elle est formée de quatre lentilles que l'on combine deux à deux de façon à obtenir plusieurs foyers.

**76. Aplanats grands angulaires.** — Ces aplanats ont été décrits dans la section des objectifs à petite ouverture. (Voir nos 62 et 63.)

**76. Aplanats pour portraits, pour groupes.** — M. Steinheil a construit pendant quelque temps deux sortes d'aplanétiques. L'aplanat pour portraits (construit vers 1875) présentait sur l'objectif de Petzval l'avantage d'avoir deux surfaces réfléchissantes de moins, par conséquent l'image qu'il donnait était plus brillante.

Les matières qui entraient dans la composition des lentilles de cet objectif étaient le crown-glass d'indice de réfraction (pour le jaune), 1,51468 (pour le violet), 1,53049, et le flint-glass d'indice (pour le jaune), 1,57496 (pour le violet), 1,60015.

Cet objectif se composait de deux paires de lentilles tournant leur convexité à l'extérieur de l'instrument ; le diaphragme se plaçait entre les deux systèmes de lentilles.

Voici les données relatives à un objectif de 108 mill. d'ouverture :

| | |
|---|---|
| Diamètre des lentilles..... | 108 mill. |
| Longueur du foyer principal..... | 324 » |

Rayons de courbure, combinaison frontale :

| | |
|---|---|
| $R_1 = +$ 162,922 mill. | Flint-glass. |
| $R_2 = -$ 78,795 — | Épaisseur au centre, 6,48 mill. |

$R_3 = +\ 78{,}795$ — } Crown-glass.
$R_4 = -\ 171{,}050$ — } Épaisseur au centre, 16,332 mill.
Distance des deux lentilles..... 177,075 mill.

Combinaison postérieure :

$R_5 = -\ 864{,}225$ mill. } Crown-glass.
$R_6 = +\ 78{,}795$ » } Épaisseur au centre, 20,25 mill.
$R_7 = -\ 78{,}795$ » } Flint-glass.
$R_8 = +\ 229{,}050$ » } Épaisseur au centre, 6,48 mill.

Cet objectif diffère donc de l'aplanat ordinaire en ce qu'il est composé de flint et de crown; de plus, les deux lentilles qui le constituent ne sont pas symétriques.

En 1879, M. Steinheil a calculé une nouvelle forme d'aplanat pour groupes. L'instrument était constitué par deux lentilles de flint et crown placées à une certaine distance l'une de l'autre. Cet objectif embrassait un angle plus considérable que celui donné par l'aplanat ordinaire; il était aussi plus rapide, comme cela résulte de l'examen du tableau suivant :

| DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS DE L'IMAGE en millimètres | |
|---|---|---|---|
| | | avec diaphragme moyen. | avec le plus petit diaphragme. |
| 27 | 132 | 75 × 60 | 140 × 120 |
| 36 | 174 | 100 × 75 | 180 × 160 |
| 49 | 239 | 135 × 100 | 250 × 210 |

Voici les données relatives à la construction d'un objectif de 174 mill. de foyer.

Diamètre des lentilles..... 36 mill.
Longueur du foyer principal..... 174 »

Rayons de courbure, combinaison antérieure :

$R_1 = +\ 70{,}128$ mill. } Flint.
$R_2 = -\ 66{,}816$ — } Épaisseur au centre, 5 mill.
$R_3 = +\ 65{,}816$ — } Crown.
$R_4 = -\ 100{,}780$ — } Épaisseur au centre, 16 mill.
Distance des deux combinaisons..... 13,00 mill.

Combinaison postérieure :

$R_5 = -\ 120{,}750$ mill. } Crown.
$R_6 = +\ 22{,}500$ — } Épaisseur au centre, 16 mill.

$R_7 = -\ 22{,}500$ — } Flint.
$R_8 = +\ 57{,}797$ — } Épaisseur au centre, 14 mill.

Indices de réfraction :

| | Crown. | Flint. |
|---|---|---|
| Pour le jaune | 1,51705 | 1.57762 |
| Pour le violet | 1,53250 | 1,60262 |

Ces deux sortes d'objectifs étaient absolument différents des aplanats proprement dits. Ils ne sont plus fabriqués aujourd'hui ; ils ont été remplacés par les antiplanats pour portraits et par les antiplanats pour groupes.

**77. Rectilinéaires rapides.** — En 1866, J.-H. Dallmeyer fit breveter[1] son très remarquable objectif rectilinéaire grand-angle *(fig. 65)* ; mais cet instrument (n° **61**) nécessite l'emploi d'un petit diaphragme qui réduit considérablement son ouverture et ne permet pas de l'employer pour le travail de l'atelier. Les efforts de

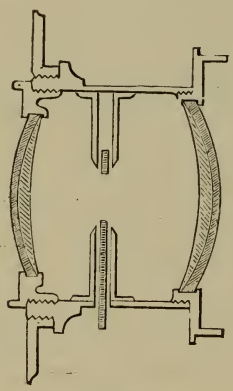


Fig. 65.

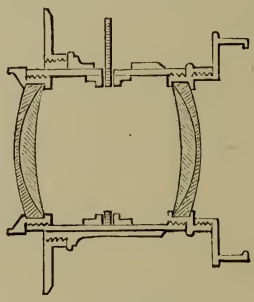


Fig. 66.

Dallmeyer eurent pour objet la destruction de l'aberration sphérique de cet objectif. Il obtint ce résultat en diminuant la grandeur de l'angle embrassé par l'appareil, et, vers la fin de 1866, il construisit les premiers *objectifs rectilinéaires rapides (fig. 66)*.

Ces instruments *(fig. 67)* se composent de deux ménisques convergents, identiques l'un à l'autre, séparément achromatiques, formés de flint et crown ordinaires. Les deux systèmes de lentilles sont montées sur un même tube, symétriquement placées par rapport au diaphragme.

Si l'on dévisse le ménisque antérieur, on obtient un objectif simple dont le foyer est le double plus long que celui de l'objectif rectili-

1. Brevet du 27 septembre 1866.

néaire rapide et qui peut être employé avec avantages pour l'obtention des paysages.

Le rectilinéaire rapide est absolument exempt de distorsion, ce qui le rend précieux pour l'obtenir des clichés de cartes, plans, vues de monuments, intérieurs, etc. Il est assez rapide pour que l'on puisse

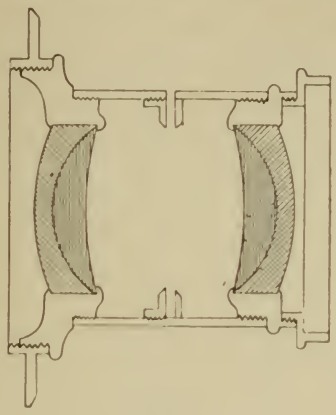


Fig. 67.

l'employer à produire des clichés de portraits dans l'atelier, groupes en plein air, etc., etc. C'est l'objectif que l'on doit choisir pour la production de portraits de grande dimension dans l'atelier.

Le rectilinéaire rapide est certainement de tous les objectifs celui qui se prête le mieux à tous les travaux photographiques : c'est de tous les objectifs celui dont l'usage est le plus répandu. Avant de donner les dimensions d'instruments construits par Dallmeyer, nous ferons remarquer que chaque objectif peut servir pour des grandeurs de plaque supérieures à celles indiquées.

Ainsi, l'objectif de 44 millimètres de diamètre et 329 millimètres de foyer peut donner une image très nette sur la dimension $303 \times 253$, si l'on munit cet objectif d'un diaphragme dont le diamètre est d'indice $\frac{1}{40}$ ou $\frac{1}{33}$ : il en est de même pour tous les autres. Le tableau suivant (dont nous avons souvent vérifié l'exactitude) montre que le rectilinéaire rapide embrasse un angle supérieur à celui qui est donné par l'aplanat : c'est là un avantage précieux pour la reproduction des monuments, paysages, etc., en un mot, pour les épreuves dans lesquelles la grandeur de l'angle est nécessaire à l'effet artistique.

M. Dallmeyer construit la série suivante :

| DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER PRINCIPAL en millimètres. | DIMENSIONS NETTEMENT COUVERTES en millimètres. | | DIAPHRAGMES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Diaphragmes moyens. | Petits diaphragmes. | maximum. | minimum. |
| 16 | 105 | 82 × 82 | 107 × 82 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{28}$ |
| 22 | 152 | 107 × 82 | 127 × 102 | $\frac{1}{8,36}$ | $\frac{1}{33,4}$ |
| 32 | 208 | 127 × 102 | 170 × 127 | $\frac{1}{8,94}$ | $\frac{1}{35,7}$ |
| 38 | 278 | 152 × 127 | 215 × 164 | $\frac{1}{8,9}$ | $\frac{1}{35,7}$ |
| 44 | 329 | 215 × 164 | 253 × 202 | $\frac{1}{8,06}$ | $\frac{1}{32,2}$ |
| 51 | 404 | 253 × 202 | 303 × 253 | $\frac{1}{8,06}$ | $\frac{1}{32,2}$ |
| 57 | 442 | 270 × 210 | 330 × 270 | $\frac{1}{8,94}$ | $\frac{1}{50,5}$ |
| 63 | 493 | 303 × 253 | 380 × 303 | $\frac{1}{8,36}$ | $\frac{1}{33,4}$ |
| 75 | 606 | 380 × 303 | 457 × 404 | $\frac{1}{8,36}$ | $\frac{1}{33,4}$ |
| 95 | 759 | 457 × 404 | 558 × 506 | $\frac{1}{8,36}$ | $\frac{1}{47,3}$ |
| 102 | 835 | 558 × 506 | 633 × 531 | $\frac{1}{8,94}$ | $\frac{1}{50,6}$ |
| 127 | 1100 | 633 × 531 | 760 × 605 | $\frac{1}{8,94}$ | $\frac{1}{50,6}$ |

**78. Aplanétiques, rectilinéaires, etc.** — Plusieurs constructeurs ont adopté le principe des aplanétiques de Steinheil ou des rectilinéaires rapides

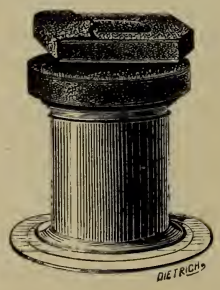



Fig. 68.

de Dallmeyer. Cette forme d'objectifs est construite aujourd'hui par presque

tous les opticiens. Voici les dimensions adoptées par les meilleurs constructeurs.

M. Berthiot fabrique deux séries d'aplanétiques (*fig. 68*) : les aplanétiques rapides et les aplanétiques extra-rapides. Les aplanétiques rapides de ce constructeur se rapprochent beaucoup (comme disposition des lentilles et montures) des objectifs de M. Dallmeyer. Les *aplanétiques rapides* forment une série de huit objectifs :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER PRINCIPAL en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragmes moyens. | Derniers diaphragmes. |
| 1 | 20 | 110 | 80 × 80 | 90 × 120 |
| 2 | 29 | 170 | 120 × 150 | 130 × 180 |
| 3 | 34 | 220 | 130 × 180 | 180 × 240 |
| 4 | 42 | 280 | 180 × 240 | 210 × 270 |
| 5 | 50 | 370 | 210 × 270 | 270 × 330 |
| 6 | 61 | 460 | 270 × 330 | 300 × 400 |
| 7 | 81 | 630 | 400 × 500 | 500 × 600 |
| 8 | 110 | 900 | 500 × 600 | 600 × 750 |

M. Berthiot construit les *aplanétiques extra-rapides* dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER PRINCIPAL en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragmes moyens. | Derniers diaphragmes. |
| 4 | 42 | 240 | 120 × 150 | 180 × 240 |
| 5 | 50 | 280 | 160 × 210 | 210 × 270 |
| 6 | 61 | 350 | 180 × 240 | 240 × 300 |
| 7 | 81 | 480 | 240 × 300 | 300 × 400 |

M. Hermagis a perfectionné la monture des objectifs aplanétiques. Les diaphragmes à vannes que l'on loge entre les lentilles sont le plus souvent indépendants les uns des autres et peuvent être facilement égarés. Dans la nouvelle monture établie par M. Hermagis, tous les diaphragmes sont reliés les uns aux autres (*fig. 69 et 70*) et sont inséparables de la monture : ils se logent dans une fente plus large que celle des montures habituelles. La lumière ne peut pas passer par l'ouverture pratiquée dans la monture ; le vide laissé par les diaphragmes non employés est comblé par une bague intérieure qui glisse à volonté en poussant ensemble les deux bou-

tons, inférieur et supérieur, qui la commandent; on voit ces deux boutons sur la figure 70.

M. Hermagis construit douze numéros d'aplanétiques.

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragmes moyens. | Derniers diaphragmes. |
| 1 | 110 | 850 | 330 × 450 | 500 × 600 |
| 2 | 81 | 640 | 300 × 390 | 330 × 450 |
| 3 | 72 | 540 | 270 × 330 | 300 × 390 |
| 4 | 61 | 440 | 240 × 300 | 270 × 350 |
| 4 *bis.* | 57 | 400 | 200 × 260 | 260 × 310 |
| 5 | 54 | 360 | 180 × 240 | 240 × 300 |
| 5 *bis.* | 48 | 310 | 160 × 210 | 210 × 270 |
| 6 | 44 | 270 | 120 × 180 | 180 × 240 |
| 6 *bis.* | 37 | 230 | 100 × 150 | 170 × 220 |
| 7 | 33 | 190 | 90 × 120 | 150 × 200 |
| 8 | 26 | 145 | 80 × 100 | 100 × 150 |
| 9 | 21 | 100 | 50 × 70 | 80 × 100 |

Tous les diaphragmes dont sont munis ces objectifs sont disposés de telle sorte que le temps de pose va en augmentant du double lorsqu'on passe d'un diaphragme à celui dont la dimension est immédiatement inférieure. Ce système est adopté par tous les bons constructeurs.

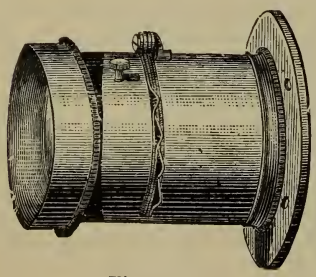
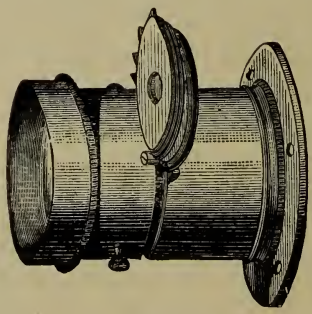


Fig. 69.



Fig, 70.

M. Prasmowski[1] a construit sur les principes qui servent de base à la fabrication de ses objectifs panoramiques une série d'instruments destinés à la production de clichés de groupes ou de portraits. Par un choix convenable du flint et du crown, les lentilles qui les composent ont des rayons de courbure beaucoup plus grands que ceux des objectifs panoramiques.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1877, page 154.

Les faibles courbures permettent à l'opticien de donner aux lentilles des diamètres relativement assez considérables, et par suite d'admettre assez de lumière pour faire des groupes et même des portraits. La distance entre les lentilles composant cette série est bien plus grande que celle qui existe dans les objectifs panoramiques, ce qui fait que le champ est plus restreint.

MM. Bézu et Hauser, successeurs de Prasmowski, construisent trois dimensions d'objectifs dans cette série.

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. |
|---|---|---|---|
| 1 | 32 | 190 | 130 × 180 |
| 2 | 41,5 | 230 | 150 × 210 |
| 3 | 48 | 320 | 210 × 270 |

M. Darlot fabrique, sous le nom d'*hémisphériques rapides*, des rectilinéaires semblables à ceux des précédents constructeurs. Dans le but de réduire le volume du prisme destiné à redresser l'image dans la chambre noire (redressement nécessaire pour les impressions phototypiques), M. Derogy a eu l'idée de placer le prisme entre les deux lentilles de l'objectif; par ce moyen on donne au prisme une dimension très réduite, ce qui permet de diminuer singulièrement les difficultés de fabrication et par suite le prix.

Parmi les constructeurs étrangers qui construisent remarquablement les objectifs rectilinéaires, il convient de citer M. Ross qui, sous le nom de symétriques rapides (*rapid symetrical*), fabrique les objectifs suivants :

| DÉSIGNATION en POUCES ANGLAIS. | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragmes moyens. | Petits diaphragmes. |
| 3 × 4 | 22 | 110 | 70 × 90 | 120 × 80 |
| 4 × 5 | 25 | 150 | 120 × 80 | 130 × 100 |
| 4,5 × 7,5 | 28 | 190 | 130 × 100 | 180 × 120 |
| 5 × 8 | 30 | 220 | 180 × 120 | 200 × 130 |
| 6,5 × 8,5 | 35 | 280 | 200 × 130 | 220 × 150 |
| 8 × 10 | 40 | 320 | 220 × 150 | 250 × 200 |
| 10 × 12 | 50 | 400 | 250 × 200 | 300 × 250 |
| 11 × 13 | 55 | 450 | 300 × 250 | 330 × 280 |
| 12 × 15 | 60 | 500 | 330 × 280 | 380 × 300 |
| 16 × 18 | 75 | 600 | 380 × 300 | 450 × 400 |
| 18 × 22 | 85 | 750 | 450 × 400 | 550 × 450 |
| 22 × 25 | 100 | 850 | 550 × 450 | 680 × 550 |

Les diaphragmes sont uniformément gradués pour tous les symétriques rapides; voici leurs indices :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{11,3}$ | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{22,6}$ | $\frac{1}{32}$ | $\frac{1}{45,2}$ | $\frac{1}{64}$ |

En Amérique, M. Gundlach construit cet objectif sous le nom de *Rapid rectigraphic*. Les dimensions adoptées par cet opticien sont assez semblables à celles admises par les constructeurs d'Europe. Morisson, à New-York,

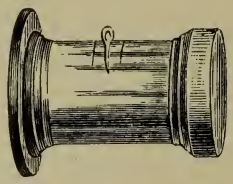


Fig. 71.

construit le *Rapid symetrical* d'une façon un peu différente : chaque lentille est formée d'un crown plan convexe et d'un flint biconcave.

Busch, à Rathenow, a modifié la construction de l'aplanétique. Il emploie deux sortes de flint; la lentille postérieure de l'objectif est d'un diamètre plus petit que celui de la frontale, ainsi que cela résulte du tableau suivant :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS NETTEMENT COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Avec diaphragmes moyens. | Avec le plus petit diaphragme. |
| 1 | 15 et 18 | 91 | 65 × 78 | 85 × 104 |
| 2 | 27 et 21 | 137 | 85 × 104 | 117 × 157 |
| 3 | 34 et 28 | 183 | 117 × 157 | 157 × 209 |
| 4 | 45 et 38 | 267 | 157 × 209 | 209 × 261 |
| 5 | 54 et 46 | 346 | 209 × 261 | 261 × 313 |
| 6 | 63 et 52 | 424 | 261 × 313 | 313 × 392 |
| 7 | 90 et 75 | 615 | 313 × 392 | 392 × 522 |

La monture de cet objectif (*fig. 71*) est de même genre que celle de tous les instruments analogues.

**78. L'euryscope de M. Voigtlander.** — Cet objectif a été calculé par le Dr Sommer, de Brunswick. Il se compose de deux lentilles achromatiques de mêmes rayons de courbure et symétriquement placés par rapport au diaphragme. Il diffère des autres aplanats

par son pouvoir lumineux considérable qui permet d'obtenir même dans l'atelier, avec une rapidité très suffisante dans la pratique, des clichés d'une très grande netteté. Nous avons vu que M. Voigtlander construisait des euryscopes pour portraits d'ouverture $\frac{f}{4}$ ou $\frac{f}{4,5}$.

L'euryscope proprement dit admet une ouverture de $\frac{f}{5,5}$ ; il est donc très rapide; il présente sensiblement la même profondeur de foyer que l'aplanétique. Son usage est surtout précieux pour l'obtention des groupes et des épreuves instantanées.

M. Voigtlander construit l'euryscope sous les désignations suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diaphragmes moyens. | Petits diaphragmes. |
| 0 | 26 | 122 | 105 × 78 | 118 × 92 |
| 00 | 33 | 170 | 118 × 92 | 143 × 118 |
| 1 | 39 | 214 | 143 × 118 | 157 × 130 |
| 2 | 46 | 243 | 157 × 130 | 183 × 157 |
| 3 | 52 | 287 | 183 × 157 | 222 × 170 |
| 4 | 65 | 366 | 222 × 170 | 275 × 222 |
| 5 | 78 | 438 | 275 × 222 | 340 × 275 |
| 6 | 91 | 528 | 340 × 287 | 420 × 340 |
| 7 | 104 | 610 | 420 × 340 | 522 × 445 |
| 8 | 130 | 793 | 575 × 470 | 652 × 575 |

L'*euryscope à long foyer* présente une ouverture maxima de $\frac{f}{7,75}$ ; il est tout à fait semblable aux aplanétiques, symétriques, rapides, etc.

Voici, en résumé, les rapidités relatives des divers euryscopes en prenant comme unité de temps de pose l'objectif à portraits rapide, d'ouverture $\frac{f}{3,15}$. Le temps de pose étant 1 pour l'objectif à portraits, on peut admettre les durées de pose suivantes :

| | |
|---|---|
| Objectif rapide à portrait | 1 |
| Euryscope à portraits | 1.6 |
| Euryscope à portraits long foyer | 2 |
| Euryscope normal | 4 |
| Euryscope à long foyer | 8 |

Ce dernier objectif est sensiblement de même ouverture que les symétriques rapides.

D'ailleurs, les diverses données qui président à la construction de l'euryscope à long foyer diffèrent peu de celles adoptées pour l'aplanat, ainsi que cela résulte des deux tableaux suivants, qui correspondent à celles de deux objectifs dont les foyers seraient de 10 centimètres [1].

| Euryscope. | Aplanat. |
|---|---|
| $R_1 = R_6 = 2,52$ | $R_1 = R_6 = 2,506$ |
| $R_2 = R_5 = 1,062$ | $R_2 = R_5 = 1,037$ |
| $R_3 = R_4 = 3,22$ | $R_3 = R_4 = 3,346$ |
| Distance des lentilles environ 1,98. | Distance des lentilles 1,54. |

**79. Nouvel euryscope de M. Voigtlander.** — Dans le courant de l'année 1888, M. Voigtlander a construit des euryscopes en employant les nouveaux verres de la fabrique Schott, à Iéna. Ces verres, d'une composition toute spéciale, ont permis de réaliser de grands progrès dans la construction des objectifs de microscopes. Par l'emploi de ces matières on peut établir des lentilles dont l'achromatisme est bien plus parfait que celui des systèmes taillés dans les anciens verres; la valeur de toutes les aberrations peut être considérablement réduite, ce qui permet, à égalité d'ouverture et de foyer, d'obtenir un champ de netteté plus grand.

Ces nouveaux euryscopes sont extrêmement précieux pour obtenir des portraits dans l'atelier, vues instantanées, etc. Ils sont appelés à rendre de réels services pour tous ces travaux. M. Voigtlander les construit dans les dimensions adoptées pour les anciens euryscopes. Employés à toute ouverture, le champ de netteté des instruments construits avec ce nouveau verre est d'environ *un tiers* plus considérable que celui fourni par les anciens euryscopes. A netteté égale, l'objectif en verre nouveau possède une puissance lumineuse presque double de celle des anciens instruments [2].

Il est probable qu'avant peu de temps l'emploi de ces verres se généralisera pour la construction de tous les objectifs; le seul défaut que l'on puisse adresser à ces nouvelles matières, c'est qu'elles ne paraissent pas être aussi inaltérables que les anciennes, ce qui a fait émettre quelques doutes sur la durée de tels objectifs.

1. Dr Eder, *Handbuch der photographie*, I, 242.
2. *Photographische Mittheilungen*, no 381, 1889.

**81. L'objectif triple ou triplet.** — Un objectif photographique composé de trois systèmes de lentilles fut réalisé par Porro en 1847 [1]. Cet opticien insista sur les avantages qu'il y avait à employer ces sortes de combinaisons qu'il appelait en 1856 *objectifs anallatiques*. En 1853, Scott Archer dans le but d'allonger la distance focale d'un objectif à portraits de la forme Petzval, ajouta entre les deux combinaisons, contre le diaphragme, une petite lentille négative; c'était là un procédé empirique.

Sutton [2] chercha à définir les conditions que doit remplir un objectif pour que l'image qu'il donne soit exempte de déformation. Il reconnut qu'il fallait : 1° que l'axe de chaque pinceau lumineux émergeât du système parallèlement à son incidence; 2° que l'axe de chaque pinceau lumineux passât par un point déterminé; 3° que l'image de chacun des points lumineux de l'objet à reproduire se formât au point où le pinceau coupait l'écran. Dans le but de réaliser ces conditions, Sutton employa deux lentilles (plan convexe), achromatiques, égales, placées à l'extrémité d'un tube, leur surface convexe étant tournée en dehors. Une petite lentille biconcave, de mêmes rayons, était placée exactement au milieu de la distance qui sépare les deux premières; au contact de la lentille biconcave se trouvait un petit diaphragme. La distance entre les deux lentilles convexes était le sixième de leur longueur focale; le foyer de la lentille concave est à celui des lentilles convexes comme 13 : 8. Cet objectif, appelé *trio-symétrique*, constitua l'un des premiers objectifs ne donnant pas de déformation [3]. Les nombreux défauts qu'il possédait en firent abandonner l'emploi.

Derogy [4], en février 1858, fit breveter un objectif à foyers multiples. Cet instrument se composait d'un objectif à portraits dont le foyer pouvait être modifié par l'interposition entre les deux lentilles d'une lentille additionnelle tantôt *convergente*, tantôt *divergente;* cette dernière combinaison se rapprochait de la forme du trio-symétrique de Sutton, mais était plus exempte d'aberration sphérique. Le champ de l'objectif n'était pas très considérable.

J.-H. Dallmeyer [5] fit paraître, en août 1860, sous le nom de *triple achromatic lens*, un objectif basé sur les principes précédents, mais dans l'application desquels se trouvaient réunis des détails qui en firent un instrument absolument nouveau. Il chercha à obtenir les résultats suivants : 1° former l'objectif de trois combinaisons : deux positives, une négative, de puissance, de forme, de dispositions telles que les pinceaux réfractés et finalement émergents soient parallèles aux pinceaux incidents, condition indispensable pour la production d'une image sans déformation : 2° le rendre applicable surtout à l'obtention des groupes, des paysages et des reproductions, l'ouverture maximum ne devant point dépasser le dixième ou le douzième de la distance focale; 3° éviter toute aberration sphérique et chromatique, chacune des trois combinaisons se trouvant achromatique par elle-même; 4° donner à l'appareil la puissance de couvrir, en l'éclairant également, un

1. *Horn's phot. journ.*, 4, p. 13, et 9, p. 74.
2. *The phot. journ. Liverpool and Manchester*, n° 103, 1er oct. 1857.
3. *Journal of the Phot. Society London*, 15 septembre 1859, n° 89.
4. *Moniteur de la photographie*, 15 septembre 1858.
5. *The Photographic Journal*, 15 octobre 1863.

champ circulaire embrassant un angle de 45° et pouvant être porté à 60° et plus ; 5° rendre aussi plan que possible le champ de l'image et donner aux bords une netteté assez grande ; 6° enfin, cette combinaison devait être établie à un prix de revient analogue à celui des objectifs pour paysages.

L'objectif se compose (*fig. 72*) de trois lentilles ; A et B sont des combinaisons positives, achromatiques toutes deux, et présentant toutes deux,

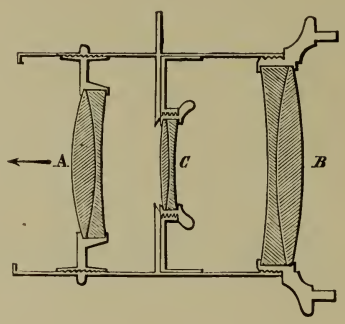



Fig. 72.

par leurs faces extérieures, la forme de ménisques concaves convexes, les rayons de courbure étant calculés d'après la distance focale qu'il faut donner aux lentilles. Si l'on donne à la distance focale de A la valeur 1, celle de B doit être égale à 1,5, et les deux diamètres doivent se trouver dans le même

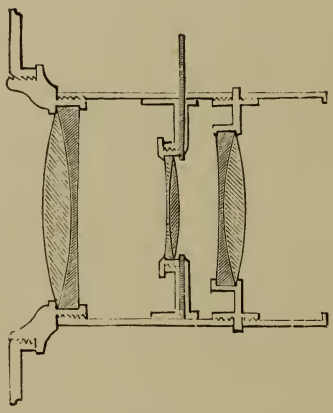


Fig. 73.

rapport. La distance qui sépare A de B, exprimée en fonction de la distance focale de A, doit être $\frac{1}{7}$ de A.

Entre A et B, partageant la distance qui les sépare proportionnellement aux puissances focales de ces deux lentilles, est située la combinaison néga-

tive C; c'est aussi la place du diaphragme. Comme A et B, C est achromatique et présente légèrement la forme ménisque. La puissance focale de la lentille C est environ la moitié de la somme des puissances focales de A + B, et son diamètre est à peu près le tiers de celui de A. La puissance focale de tout l'appareil doit être à celle de A comme 7 est à 8.

Pour obtenir des paysages, des reproductions jusqu'à la grandeur naturelle, la lentille frontale A doit être tournée du côté de l'objet à reproduire, et la combinaison B doit être tournée vers la glace dépolie de la chambre; si l'on veut se servir de l'objectif pour agrandir, la combinaison doit être renversée et tournée dans l'autre sens, B regardant l'objet à reproduire et A la surface sensible. — On peut enlever la combinaison C; on a alors un objectif à portraits, mais le champ de cet objectif est très courbe.

M. Dallmeyer construit le triplet dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE DE LA LENTILLE postérieure en millimètres. | LONGUEUR FOCALE en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Moyens diaphragmes. | Petits diaphragmes. |
| 1 | 38 | 177 | 127 × 102 | 152 × 127 |
| 2 | 51 | 253 | 177 × 152 | 215 × 164 |
| 3 | 57 | 303 | 215 × 164 | 253 × 202 |
| 4 | 70 | 380 | 253 × 202 | 303 × 253 |
| 5 | 82 | 457 | 303 × 253 | 380 × 303 |
| 6 | 102 | 582 | 380 × 303 | 457 × 404 |
| 7 | 127 | 733 | 457 × 404 | 558 × 506 |
| 8 | 133 | 784 | 558 × 506 | 633 × 531 |

Par longueur focale, on entend la distance qui sépare le verre dépoli du sommet de la lentille postérieure lorsqu'on met au point sur un objet situé à l'infini. Voici, d'ailleurs, les données complètes de ce système optique représenté très exactement en coupe par la figure 73.

Distance focale principale..... 10,000
Lentille antérieure : diamètre..... 1,714
Crown-glas biconvexe... $R_1 = +$ 3,128
$R_2 = +$ 2,386
Flint-glass biconcave.... $R_3 = -$ 2,386
$R_4 = +$ 20,228
Lentille négative : diamètre..... 1,071
$R_5 = +$ 14,200
$R_6 = +$ 4,528
$R_7 = -$ 4,528
$R_8 = -$ 3,200

Lentille postérieure : diamètre..... 2,286

$$\begin{cases} R_9 = -30,300 \\ R_{10} = -3,557 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_{11} = +3,557 \\ R_{12} = +4,728 \end{cases}$$

Distance de la frontale à la combinaison postérieure... 1,257

Plus grand diaphragme $\frac{f}{10} = 1,000$

Plus petit diaphragme $\frac{f}{30} = 333$

Le triplet est un instrument à peu près abandonné aujourd'hui. Il possède un très grand nombre de surfaces réfléchissantes, ce qui détruit le

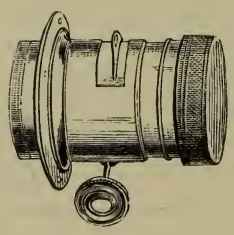


Fig. 74.

brillant que doit posséder l'image; il a été remplacé dans la pratique par les rectilinéaires rapides.

Busch, à Rathenow, a construit des objectifs à trois lentilles semblables aux triplets anglais (*fig. 74*), mais présentant quelques modifications de détail dans l'exécution. Il fabrique la série suivante :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | | | FOYER PRINCIPAL en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lentille antérieure. | Lentille négative. | Lentille postérieure. | | Moyens diaphragmes. | Petits diaphragmes. |
| 1 | 24,7 | 13,5 | 28,28 | 87,5 | 52 × 68 | 78 × 90 |
| 2 | 33,7 | 20,2 | 42,7 | 262 | 131 × 158 | 158 × 210 |
| 3 | 45,0 | 27,0 | 56,2 | 355 | 144 × 198 | 210 × 262 |
| 4 | 60,7 | 40,5 | 81,0 | 528 | 210 × 262 | 314 × 392 |
| 5 | 81,0 | 55,0 | 107,0 | 686 | 262 × 314 | 420 × 522 |
| 6 | 100,25 | 67,5 | 135,0 | 880 | 350 × 420 | 522 × 625 |
| 7 | 121,4 | 81,0 | 162,0 | 1065 | 420 × 522 | 625 × 784 |

Ce triplet couvre nettement un champ circulaire de 62°. Pour l'obtention des clichés qui nécessitent un instrument donnant un plus grand angle,

M. Busch[1] a construit, en 1867, *le triplet universel*. Cet objectif donne un angle moins considérable que celui fourni par l'emploi du pantoscope, mais supérieur à celui du triplet pour vues. L'image qu'il fournit est sans distorsion, le champ est plat et la profondeur du foyer considérable, supérieure à celle du triplet ordinaire. Cet instrument est, comme le précédent, muni de diaphragmes qui se placent près de la lentille négative. La série de ces objectifs comporte quatre numéros.

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | | | FOYER PRINCIPAL en millimètres | DIMENSIONS COUVERTES en millimètres. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lentille antérieure. | Lentille négative. | Lentille postérieure. | | Moyens diaphragmes. | Petits diaphragmes. |
| 1 | 45,0 | 36,0 | 55,0 | 262 | 158 × 198 | 210 × 262 |
| 2 | 54,0 | 42,7 | 65,2 | 314 | 198 × 236 | 262 × 313 |
| 3 | 67,5 | 55,0 | 81,0 | 393 | 236 × 288 | 313 × 393 |
| 4 | 81,0 | 65,2 | 95,7 | 490 | 288 × 343 | 393 × 472 |

**80. L'objectif orthoscopique.** — Le principe sur lequel est basée la construction de cet objectif semble avoir été indiqué pour la première fois par Petzval en 1840.

Soit une lentille achromatique (*fig.* 75), aplanétique suivant l'axe, dont la face convexe est tournée vers l'objet à reproduire (soit la lentille frontale d'un objectif à portraits) : cette lentille donne une image très nette au centre du verre dépoli, mais l'étendue du champ de net-

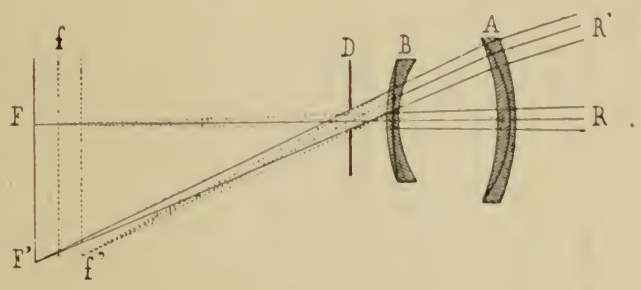



Fig. 75.

teté est très faible, parce que la distance focale des pinceaux obliques est plus courte que celle des pinceaux peu éloignés de l'axe. Plaçons

1. *Phot. Correspondenz*, 1867, p. 111.

sur le trajet de ces pinceaux une lentille négative, les pinceaux axiaux seront peu modifiés à cause de la faible épaisseur de la lentille négative, mais les pinceaux marginaux seront fortement déviés par les bords relativement épais de cette lentille et la distance focale de ces pinceaux sera allongée. On conçoit donc que par l'interposition de cette combinaison le champ de l'image puisse être rendu plus plat (*fig.* 75).

L'objectif orthoscopique se compose d'une lentille achromatique dont la face convexe regarde l'objet à reproduire. Derrière cette lentille et à une certaine distance se trouve un second ménisque qui a pour but de corriger complètement l'aberration sphérique du système, et d'allonger la distance focale des pinceaux obliques à l'axe. Ce second ménisque achromatique est formé (dans les objectifs construits par Harrisson et Schnitzer) de deux lentilles : celle qui est à l'intérieur de l'objectif est biconcave en flint; celle qui regarde le verre dépoli est un ménisque convergent en flint; elles se touchent par leurs bords.

Dans les premiers orthoscopiques construits par Voigtlander, le diaphragme se plaçait entre la combinaison postérieure et le verre dépoli. Harrisson et Schnitzer ont, dès 1860, adapté à cet objectif le diaphragme iris (œil-de-chat). En 1878, M. Voigtlander construisait l'orthoscopique dans les dimensions suivantes :

| Nos | DIAMÈTRE DES LENTILLES en millimètres. | | FOYER en millimètres. | DIMENSIONS COUVERTES avec PETIT DIAPHRAGME. |
|---|---|---|---|---|
| | Lentille antérieure. | Lentille négative. | | |
| 1 | 39 | 26 | 286 | 182 × 260 |
| 2 | 52 | 35 | 377 | 260 × 364 |
| C | 65 | 43 | 494 | 312 × 442 |
| 3 | 78 | 52 | 611 | 390 × 520 |
| 6 | 104 | 69 | 866 | 520 × 650 |
| 7 | 104 | 69 | 1014 | 650 × 832 |
| 8 | 130 | 87 | 1274 | 806 × 1040 |
| 9 | 156 | 104 | 1534 | 962 × 1248 |
| 10 | 15 | 10 | 110 | stéréoscope. |

Les images que donne l'orthoscopique ne sont pas exemptes de distorsion : cette aberration est en sens inverse de celle fournie par l'objectif simple. L'orthoscopique admet des diaphragmes relative-

ment considérables $\left(\frac{f}{8} \text{ à } \frac{f}{10}\right)$ : mais avec ce diaphragme l'étendue de l'image nette ne dépasse pas $\frac{f}{2}$. Le plus petit diaphragme $\frac{f}{30}$ augmente l'étendue de l'image nette et la profondeur de foyer qui est sensiblement égale à celle de l'objectif simple.

L'orthoscopique a été employé pendant longtemps à la reproduction de cartes, monuments, etc. ; il a été successivement remplacé par le triplet, puis par l'aplanat. Il possède une très grande profondeur de foyer, mais les images qu'il donne ne sont pas exemptes de distorsion : c'est là le défaut qui a fait abandonner l'emploi de cet instrument.

### § 3. — Trousses d'Objectifs.

**82.** On a désigné sous le nom d'*objectifs universels, objectifs à foyers multiples, objectifs à foyers variables*, etc., des instruments d'une construction telle que par le changement ou la suppression d'une ou plusieurs

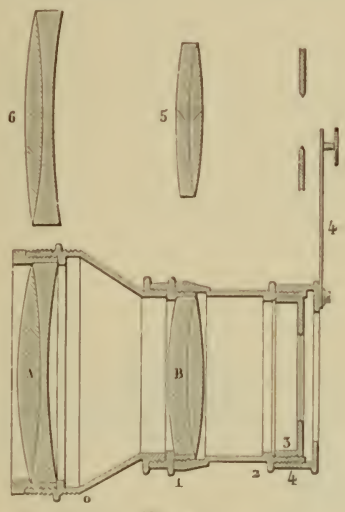



Fig. 76.

des lentilles qui le constituent la longueur focale soit modifiée. La dimension de l'image et l'angle embrassé par l'objectif sur une même grandeur de plaque peuvent donc être variables suivant les lentilles que l'on emploie.

Le premier opticien qui ait construit de tels instruments est Charles Chevalier[1] : il les avait désignés sous le nom d'*objectifs à verres combinés*. Une

1. En 1840.

lentille achromatique biconvexe ou plan convexe était vissée à l'extrémité d'un tube, à l'autre extrémité se trouvait un ménisque convergent achromatique : ce dernier était placé du côté de la surface sensible. Un diaphragme se logeait devant la lentille antérieure; suivant que l'on voulait donner aux épreuves des proportions plus grandes ou plus petites, on employait une lentille antérieure de foyer plus long ou plus court (*fig. 76*).

La lentille postérieure employée seule comme objectif à paysages donnait

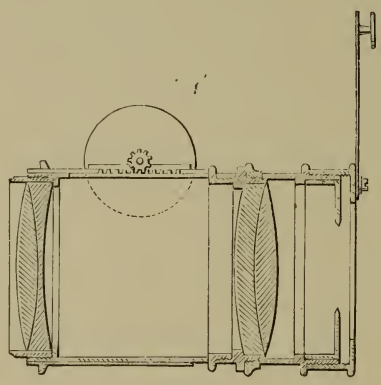


Fig. 77.

un foyer encore plus long : on pouvait d'ailleurs ajouter sur la même monture plusieurs de ces verres postérieurs qui, combinés avec des frontales de diverses dimensions, permettaient d'avoir des objectifs de plusieurs longueurs focales.

Cet objectif ne possédait pas la rapidité d'action des objectifs à portraits ordinaires : la position du diaphragme placé à une certaine distance de la

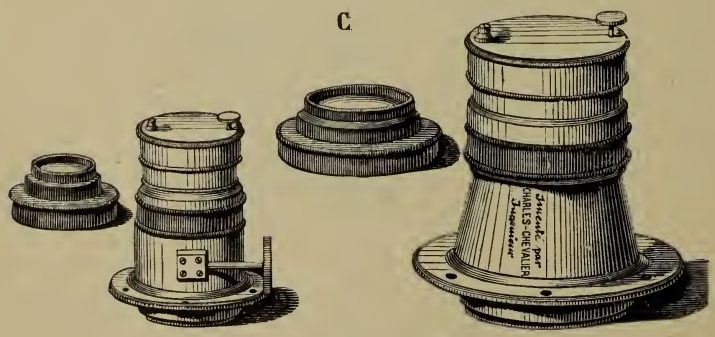



Fig. 78.

lentille antérieure n'était pas à l'abri de tout reproche : dans un semblable objectif le diaphragme aurait dû être fixé entre les deux lentilles et à une distance déterminée par les longueurs focales de chacune des lentilles,

Les grands objectifs de cette série étaient montés dans un tube conique : les lentilles formant les petits instruments étaient fixées dans un tube cylindrique que l'on pouvait faire mouvoir à l'aide d'une crémaillère *(fig. 77 et 78.)*

Porro, vers 1848, construisit sous le nom d'*objectif anallatique*[1] un instrument composé de trois lentilles achromatiques : deux d'entre elles étaient presque en contact, la troisième était à une certaine distance, la plus grande lentille se plaçait à l'extérieur. Cette combinaison avait pour objet de prendre avec un seul et même instrument des vues de différentes grandeurs, d'un même monument, sans changer de station : étant choisie la station la plus convenable, on pouvait avoir toujours une longueur focale appropriée à la dimension de plaque employée.

Schott Archer, en 1853, plaça entre les deux lentilles d'un objectif à portraits une lentille divergente qui en augmentait considérablement le

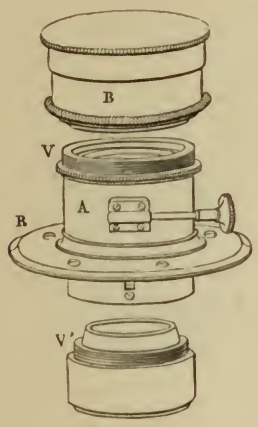



Fig. 79.

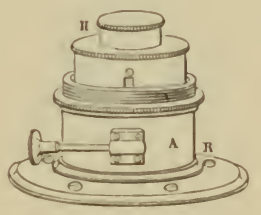



Fig 80.

foyer. Il pouvait ainsi obtenir à une échelle considérable des détails de certaines vues d'extérieur (voir p. 127).

Jamin[2] a construit des objectifs doubles *à cône centralisateur*, pouvant servir comme objectif à paysage : les deux lentilles qui le composaient pouvaient s'écarter. Plus tard, sur la demande d'Atkinson[3], il fabriqua les premiers objectifs doubles à portraits pouvant servir aussi pour paysages. L'objectif construit par cet opticien est disposé comme l'indique la *fig. 79*. Quand on veut le transformer en objectif pour paysage, on enlève la rondelle R, on démonte la vis de jonction V', et cette partie inférieure du tube emporte avec elle la lentille double. Cela fait, on dévisse la partie supérieure de la monture, on monte la vis V calculée dans ce but sur la rondelle : la lentille simple tourne alors sa face concave vers l'objet à reproduire ; on

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 15 mars 1856, p. 115
2. *Bulletin de la Société française de photographie* 1854, p. 341.
3. *Bulletin de la Société française de photographie* 1857, p. 36

adapte en avant le porte diaphragme muni de son obturateur. L'instrument présente alors la disposition indiquée par la *fig. 80*. Plus tard, M. Jamin a ajouté, suivant les idées de Schott Archer, une lentille négative entre les deux verres de l'objectif à portraits; cette lentille négative pouvait d'ailleurs être employée avec la combinaison antérieure et formait ainsi un objectif orthoscopique.

Vers la même époque, M. Hermagis[1], modifia la monture de ses objectifs à portraits. L'obturateur double C D contenait ses divers diaphragmes d'instruments à paysages (*fig. 81.*) Pour employer l'objectif pour paysages, on sépare les deux parties A B qui constituent l'instrument. On dévisse ensuite la rondelle R et on laisse de côté la partie A qui renferme la lentille postérieure de l'objectif à portraits. On enlève l'obturateur C, on visse la ron-

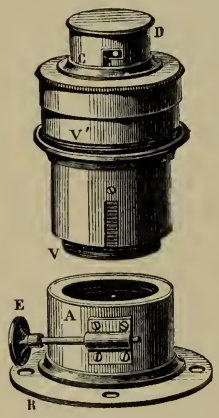


Fig. 81.

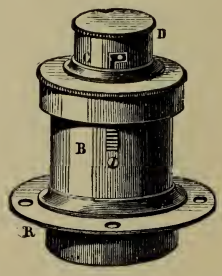


Fig. 82.

delle sur le pas de vis V' calculé dans ce but: de cette manière, la lentille simple est disposée pour paysage; sur la vis V s'adapte l'obturateur C (*fig. 82*) avec le bouchon à mouvement à baïonnette.

Dans le but de pouvoir obtenir des combinaisons variables de lentilles, Jamin[2] proposa de supprimer la monture habituelle des objectifs en plaçant la lentille dans des planchettes mobiles auxquelles on pourrait faire occuper, au moyen de rainures, diverses positions dans un avant-corps en bois placé sur la chambre noire; il proposait en même temps d'employer le diaphragme carré, à ouverture variable formé de quatre segments pouvant se rapprocher ou s'éloigner les uns des autres.

Millet[3] adopta un système de monture analogue à celui construit par Jamin et par Hermagis; son objectif servait pour portraits et pour paysage. La monture de l'instrument était à cône, ce qui permettait d'éliminer complètement la lumière réfléchie par les parois du tube sur la surface

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 178.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 248.

sensible. — MM. Ross, Dallmeyer, ont adopté des dispositifs semblables aux précédents, mais ne les recommandent pas, parce que la lentille frontale n'a pas la forme la plus convenable pour paysage.

Derogy fit breveter en Angleterre, le 20 avril 1858, un objectif qu'il appela à *foyers multiples*. C'est un objectif à portraits composé de deux lentilles à courbures spéciales; deux lentilles additionnelles l'une convergente, l'autre divergente, peuvent se placer successivement entre les deux lentilles de l'objectif à portraits. A l'aide de cet objectif on peut réaliser divers foyers et divers objectifs.

1° Les deux combinaisons sans aucune addition constituent un objectif à portrait;

2° La combinaison antérieure seule forme un objectif à paysage;

3° La combinaison antérieure et la lentille additionnelle divergente donnent un orthoscopique;

4° En employant la combinaison antérieure et la lentille additionnelle convergente l'on a un foyer plus court;

5° La lentille divergente placée entre les deux combinaisons de l'objectif à portraits donne un triplet;

6° On obtient enfin, en plaçant la lentille convergente entre les deux lentilles de l'objectif à portraits, un nouvel objectif de foyer très court.

M. Derogy construit cet objectif dans quatre dimensions dont les lentilles frontales ont respectivement 42, 53, 63 et 105 millimètres de diamètre.

Slater [1], Gasc et Charconnet ont construit, sous le nom d'objectif universel, un système analogue, mais ne possédant pas de lentille convergente; Melhuis [2] a repris le système optique de Jamin avec quelques légères modifications de peu d'importance.

**83. Trousses d'objectifs.** — Tous les divers instruments que nous venons de décrire avaient pour but de modifier l'objectif double à portraits, de l'utiliser pour obtenir des reproductions de monuments, paysages, etc. M. Darlot [3], après avoir perfectionné l'objectif globe et l'avoir fait connaître sous le nom d'objectif hémisphérique, a imaginé de réunir dans une même trousse plusieurs lentilles simples, pouvant se visser sur la monture spéciale d'un objectif à portraits. Il a ainsi obtenu la première trousse d'objectif, et il a appelé cet instrument *objectif universel*.

L'objectif universel se compose d'un objectif à portraits ordinaires dont la monture peut se transformer en monture d'objectif à paysages; cette monture est d'ailleurs disposée de telle façon que l'écartement entre les deux lentilles puisse être modifié, le tube étant composé de deux portions qui peuvent s'éloigner ou se rapprocher l'une de l'autre; entre ces deux parties se loge le diaphragme à vannes.

1. Kreutzer, *Zeitsch f. phot.*, 1861, p. 121.
2. *Phot. news*, 1861.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866, p. 37.

Les diverses lentilles qui composent la trousse peuvent être employées isolément comme objectif à paysage : l'angle embrassé est relativement grand, chaque lentille donnant une image nette dont le diamètre est sensiblement égal à son foyer. Ces lentilles peuvent d'ailleurs être combinées deux à deux en vissant chacune d'elle à l'extrémité du tube; on obtient alors un objectif hémisphérique à grand angle. Par exemple, en vissant à l'avant du tube une lentille de 33 centimètres de longueur focale et à l'arrière une lentille de 25 centimètres, on réalise une combinaison ayant environ 15 centimètres de foyer et couvrant nettement et sans déformation un champ circulaire de 23 centimètres.

M. Darlot fabrique les trousses d'objectif universel pour les dimensions des plaques inscrites ci-dessus :

| Nos | NOMBRE DES LENTILLES additionnelles. | DIMENSIONS COUVERTES POUR PORTRAITS en millimètres. |
|---|---|---|
| 1 | 4 ou 5 | 70 × 100 |
| 2 | 6 | 130 × 180 |
| 3 | 3 | 180 × 240 |
| 4 | 3 | 210 × 270 |
| 5 | 3 | 270 × 330 |
| 6 | 2 | 300 × 400 |
| 7 | 2 | 500 × 600 |

Les trousses n° 1 et n° 2 peuvent être livrées par paires pour les images stéréoscopiques; on obtient alors, en associant des lentilles de même foyer, toute une série d'objectifs symétriques pour vues, reproductions, etc.

M. Berthiot construit plusieurs genres de trousses : les unes sont destinées aux portraits, paysages et reproductions; elles comportent pour le premier numéro une série d'objectifs combinés pour paysage de 12, 15, 19, 23, 26 et 30 centimètres de foyer, plus un objectif double à portraits de 20 centimètres de foyer; le second numéro comprend un objectif à portraits d'environ 30 centimètres de foyer et des lentilles qui par leur combinaison donnent des foyers de 21, 25, 29, 33, 36 et 40 centimètres pour paysages. Les combinaisons destinées au

paysage peuvent servir pour des dimensions de plaque dont le plus grand côté est égal à une fois et demie la longueur focale.

Les trousses dites « à foyers variés rectilignes » de M. Berthiot constituent une série de trois instruments destinés exclusivement à la reproduction des paysages, intérieurs, monuments, etc.: l'angle embrassé par ces diverses combinaisons varie de 50 à 65 et même 70°, suivant la dimension de la plaque employée et la grandeur du diaphragme. Chaque lentille additionnelle sert de lentille frontale: la combinaison postérieure est fixe: sur la monture de chaque lentille

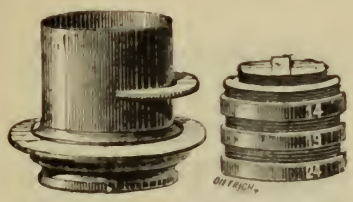


Fig. 83.

*(fig. 83)* se trouve indiquée la longueur focale correspondant à l'objectif photographique formé par la frontale et la lentille postérieure. Le diaphragme est percé sur une plaque circulaire; la monture de chaque lentille est disposée de telle sorte que toutes les lentilles additionnelles sont à la distance la plus convenable du diaphragme.

La trousse n° 1 est formée d'une combinaison fixe et de trois lentilles additionnelles permettant d'obtenir des foyer de 14, 19 et 24 cen-

Fig. 84.

timètres; le diamètre des lentilles est de 29 et 34 millimètres: c'est le modèle le plus usité pour les dimensions 13 × 18 et 18 × 24 *(fig. 83)*.

La trousse n° 2, que l'on emploie pour les dimensions variant de 18 × 24 centimètres à 27 × 33, comprend des objectifs dont les

combinaisons forment des foyers de 13, 16, 20, 24, 29 et 34 centimètres ; les diamètres des lentilles sont 29, 27 et 42 millimètres.

Enfin, la trousse n° 3 peut comporter jusqu'à sept objectifs différents permettant de couvrir des plaques de 50 sur 60 centimètres : le diamètre des lentilles est 42 et 54 millimètres *(fig. 84)*.

Le même genre de construction a été appliqué par M. Berthiot aux objectifs aplanétiques.

En combinant avec la lentille postérieure d'un aplanétique une lentille à rayons de courbures convenables, on obtient un nouvel objectif à foyer plus court et qui embrasse un angle plus considé-

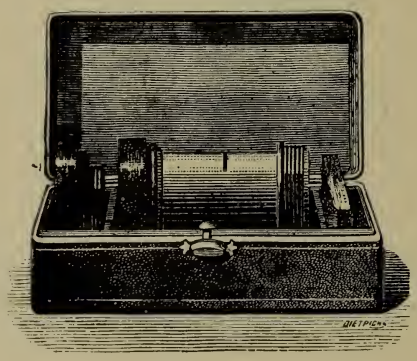


Fig. 85.

rable. Dans les trois instruments qui composent cette série, on peut obtenir des longueurs focales de 14 et 22 centimètres pour le n° 1, 19 et 28 centimètres pour le n° 2, 23 et 37 centimètres pour le n° 3. Ces trousses sont d'un emploi commode et d'un transport très facile en excursions *(fig. 85)*.

Si l'on désire un plus grand nombre d'objectifs et avoir un appareil permettant d'obtenir des vues instantanées, des paysages, reproductions, monuments, etc., l'on devra préférer la nouvelle trousse aplanétique rapide *(fig. 86)*, dont le maniement est tout aussi simple : il suffit de changer la lentille frontale de l'instrument pour obtenir soit un objectif grand angulaire, un aplanétique extra rapide, un aplanétique rapide ou ordinaire. Toutes les lentilles additionnelles peuvent être renfermées dans un étui de cuivre qui réduit de beaucoup le volume de cette trousse et en permet très facilement le transport. Les diaphragmes sont à vannes ; on doit employer le dernier ou l'avant-dernier diaphragme lorsque l'on se sert des combinaisons à

grand angle. M. Berthiot construit trois séries de ces trousses comportant chacune trois ou quatre lentilles additionnelles. On peut d'ailleurs modifier à volonté la composition de ces trousses; elles doivent être rangées pour les meilleurs instruments que l'on puisse employer pour tous les travaux photographiques en général: nous en possédons plusieurs répondant aux diverses dimensions de plaques photographiques (du 13 × 18 au 40 × 50 centimètres).

Parmi les opticiens qui construisent aujourd'hui des trousses d'aplanétiques ou rectilignes rapides, plus ou moins semblables à celles de M. Berthiot, il convient de citer M. Français, M. Derogy, M. Fleury-Hermagis, dont les instruments sont d'une excellente fabrication. M. Derogy et M. Fleury Hermagis livrent aussi des

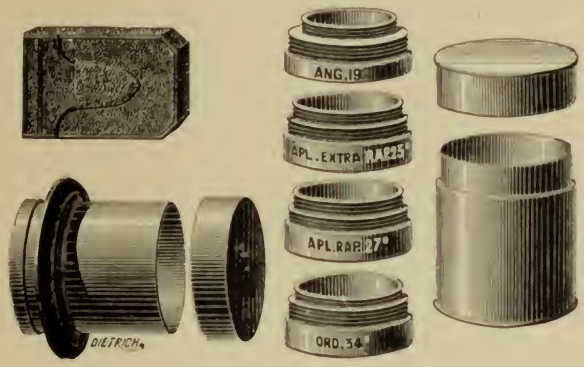



Fig. 86.

trousses d'objectifs simples pour paysages et des trousses d'objectifs grands angulaires qui permettent d'obtenir de bons résultats.

M. Steinheil fabrique depuis peu de temps une trousse d'aplanétiques pour paysages : elle consiste en une série de quatre lentilles pour paysage se montant toutes sur le même tube et se vissant sur la même rondelle ; on obtient ainsi par les combinaisons des lentilles deux à deux des foyers de 19.6, 26.4 et 32.8 centimètres ; les lentilles achromatiques ont respectivement 32, 39, 52.3 et 62.6 centimètres de foyer.

M. Davanne a insisté sur l'utilité qu'il y a de posséder une série de foyers pour répondre aux diverses nécessités des points de vue choisis[1]. Il cite comme excellent objectif à employer pour la dimension 27 × 35 le rectilinéaire grand angle n° 1 de Dallmeyer. Les deux len-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1874, p. 158.

tilles achromatiques qui composent cet instrument donnent par leur combinaison un foyer d'environ 18 centimètres ; on a ainsi un objectif servant pour l'obtention des panoramas. La lentille antérieure présente un foyer d'environ 40 centimètres ; employée comme lentille simple, elle donne de bons résultats pour paysages ; quant à la lentille postérieure de 30 centimètres de foyer, on peut l'employer seule pour le même objet, mais l'on doit éloigner le diaphragme de la lentille pour opérer dans les meilleures conditions. Cet objectif peut donc à lui seul remplir l'office d'une trousse. Il en est de même des grands angulaires des autres constructeurs. Si l'objectif est symétrique (comme l'aplanat, rectilinéaire rapide, symétrique portatif, etc.), on n'obtient qu'un seul et même foyer, quel que soit la lentille (frontale ou postérieure) que l'on emploie.

### § 4. — Les Diaphragmes.

**84**. On appelle *diaphragme* tout écran qui sert à diminuer la quantité de rayons lumineux qui peuvent frapper la surface sensible. Lorsque le diaphragme est en contact avec la surface de la lentille, on l'appelle quelquefois obturateur : il a alors pour objet de réduire le diamètre de la lentille relativement à sa distance focale. Le but que l'on se propose en employant un diaphragme est de réduire les aberrations des lentilles. Nous avons vu, page 29, comment par l'emploi du diaphragme le diamètre des cercles de confusion se trouvait réduit et comment la profondeur de foyer était ainsi augmentée.

L'emploi du diaphragme pour les lentilles photographiques est dû à Niepce. Il reconnut que l'image qui se peint sur l'écran de la chambre noire gagne considérablement en netteté par l'emploi de ce dispositif ; mais il constata aussi que le temps d'exposition de la surface sensible se trouvait par là considérablement augmenté. Niepce a le premier appliqué à l'objectif photographique l'iris-diaphragme (diaphragme pupille, œil-de-chat, inventé par le P. Kircher). Ce diaphragme est constitué par une série de lamelles très minces, placées dans des plans très voisins parallèles ; vues de face, ces lames paraissent former un polygone régulier dont les côtés peuvent se rapprocher les uns des autres au point d'intercepter complètement la lumière.

Pendant fort longtemps, on n'a pas été d'accord sur la *position* à donner au diaphragme. Nous avons vu que dans les objectifs à portraits l'opticien Buron, sur les conseils de M. Fortier, plaça le diaphragme entre les deux lentilles. Chevalier, Secretan, Voigtlander et presque tous les opticiens pla-

cèrent d'abord ces diaphragmes (qui consistaient généralement en des disques de laiton noirci, percés d'ouvertures circulaires plus ou moins grandes) en avant de la lentille frontale et à une petite distance de celle-ci. Ce n'est que vers 1855 que l'on plaça les diaphragmes entre les deux lentilles de l'objectif à portrait.

W. Ross [1], en 1856, appela l'attention sur la place la plus convenable à donner au diaphragme dans l'objectif simple.

La forme du diaphragme a donné lieu à un certain nombre de discussions. Charles Chevalier présenta, en 1840, à la Société d'encouragement, un diaphragme dont le contour était polygonal : c'était le diaphragme variable du P. Kircher. Le dispositif de Chevalier consistait à écarter plus ou moins (au moyen d'une crémaillère et d'engrenages convenables) les bords d'une série de lames métalliques dont l'intersection vient former une ouverture sensiblement circulaire si le nombre des lamelles est assez grand. Mangey [2] emploie le dispositif suivant : une rondelle de mince épaisseur en caoutchouc est percée d'une ouverture circulaire, c'est là le diaphragme d'ouverture minima ; il est fixé intérieurement à la monture. Un tube intérieur vient appuyer contre le diaphragme et en le pressant peut par son mouvement de translation ou de rotation augmenter l'ouverture de celui-ci. Jamin [3] avait proposé de réduire à quatre le nombre des lamelles de l'iris-diaphragme ; l'ouverture du diaphragme était donc quadrangulaire. L'emploi d'un diaphragme de cette forme a été de nouveau proposé par Quinet et construit par Digney frères [4] ; Notton, en 1856, avait adopté un dispositif analogue [5].

Londe a récemment proposé de donner aux diaphragmes la forme d'une portion de secteur circulaire dont le centre coïnciderait avec le centre de mouvement de la lamelle d'un obturateur circulaire.

L'emploi des diaphragmes à deux ou plusieurs ouvertures a été préconisé par Norman [6], Lehman [7], Gliese [8]. Mitschel [9] a proposé l'emploi d'un diaphragme dont l'ouverture était constituée par un simple anneau très mince percé dans une lame opaque. L'emploi de ces diverses formes de diaphragmes n'a pas été sanctionné par la pratique.

**85. Position des diaphragmes.** — La *position* du diaphragme dans l'objectif est aujourd'hui parfaitement déterminée. Les instruments que l'on emploie sont composés d'une ou deux lentilles ; en un mot, l'objectif est *a*) simple ou *b*) composé.

*a*) Objectifs simples. — Lorsque dans l'objectif simple le dia-

1. *Liverpool Phot. Journal*, mai 1856.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858, p. 117.
3. *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1857, p. 178.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1860, p. 31.
5. *Journal Phot. Soc. London*, vol. III, p. 165.
6. *Journal Phot. Soc. Great. Brit.*, 15 septembre 1855.
7. *Phot. Wochenblatt*, 1878, p. 286.
8. *Phot. Wochenblatt*, 1878, p. 299.
9. *Brit. Journ. Phot.*, 1881, p. 453.

phragme est placé au contact de la lentille et en avant de celle-ci, le champ est courbe, la distorsion est très faible, sensiblement nulle. Si l'on éloigne le diaphragme de la lentille, dans des limites comprises entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{7}$ de sa distance focale *(fig. 87 et 88)*, le champ devient plat, la netteté s'étend vers les bords de la plaque, mais la distorsion augmente : on obtient la distorsion en forme de barillet.

Si le diaphragme est placé à l'arrière de la lentille on obtient des résultats analogues relativement à la courbure du champ et à la dis-

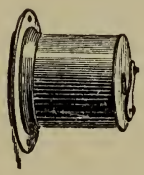


Fig. 87.

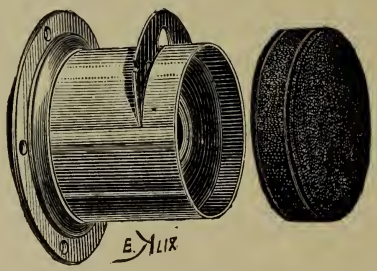



Fig 88.

torsion ; mais dans ce cas c'est la distorsion en forme de *croissant* qui apparaît à mesure que l'on écarte le diaphragme de la lentille ; en même temps le champ de l'objectif diminue. En résumé, dans l'ob-

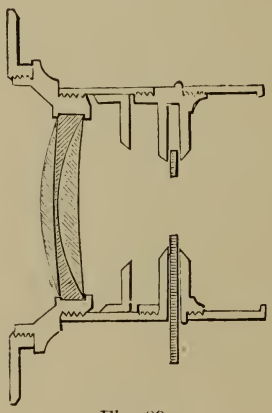


Fig. 89.

jectif simple, plus le diaphragme est rapproché de la lentille, soit en avant, soit en arrière, pourvu que le champ soit plat et la netteté satisfaisante, plus l'angle sera grand et plus faible sera la distorsion ;

c'est à l'opticien de concilier ces diverses données de façon à obtenir le meilleur résultat possible avec les courbures choisies *(fig. 89)*.

La position du diaphragme influe aussi sur la production de la tache centrale (voyez n° 61). Si ce défaut se présentait, l'on devrait modifier légèrement la distance qui sépare le diaphragme de la lentille.

*b)* Objectifs composés. — Dans l'objectif construit suivant les indications de Petzval *(fig. 90)* on place le diaphragme entre les

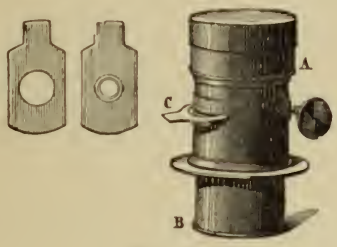



Fig. 90.

deux lentilles en C, à égale distance de chacune des combinaisons A et B. Si on le place plus près de la combinaison antérieure, il réduit le champ de l'objectif, mais tend à rendre ce champ plus plat; dans ces objectifs, la position du diaphragme n'affecte guère la distorsion et la tache centrale. Dans les nouveaux objectifs, ces deux défauts sont pratiquement évités.

Lorsque les deux lentilles qui forment l'objectif combiné sont identiques entre elles, en un mot, si l'objectif est symétrique (rectilinéaire rapide, aplanat, euryscope, etc.), les déformations produites

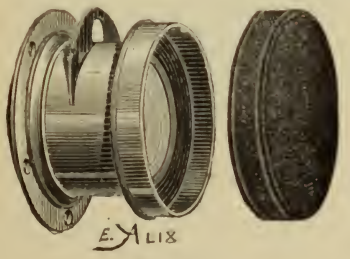


Fig. 91.

par la combinaison antérieure sont corrigées par celles en sens contraire produites par la combinaison postérieure. Le diaphragme doit se placer à égale distance des deux combinaisons.

Les objectifs non symétriques sont formés par deux lentilles de distance focale différente. L'opticien doit déterminer quelle est la distance qui doit séparer les deux combinaisons doubles; plus cette distance augmente, plus le champ devient plat, en même temps que l'angle embrassé diminue de plus en plus. Cette distance étant convenablement déterminée, la position du diaphragme est indiquée; le plan du diaphragme doit diviser la longueur qui sépare les deux combinaisons proportionnellement à leur distance focale *(fig. 91)*.

Dans les objectifs composés d'une lentille convergente et d'une lentille divergente (orthoscopique), le diaphragme se place ou bien entre les deux lentilles (Harisson et Schnitzer), ou bien entre la lentille négative et la surface sensible (Voigtlander) : ce dernier dispositif est celui qui donne le plus de distorsion par suite de l'éloignement du diaphragme de la lentille positive.

**86. Forme du diaphragme.** — Les ouvertures circulaires (ou polygonales de douze à seize côtés pour l'iris-diaphragme) sont celles adoptées aujourd'hui. Ces ouvertures sont percées dans une même plaque susceptible de se mouvoir autour d'un point fixe si elles ne sont pas d'un diamètre trop grand (voir *fig. 37*); elles sont percées dans de petites plaques de laiton, qui se glissent dans le tube

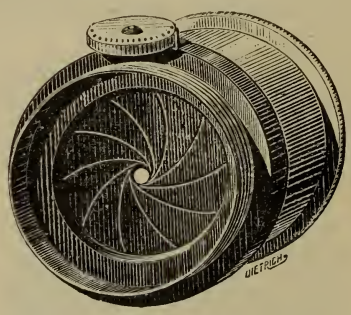


Fig. 92.

de l'objectif si l'ouverture de ces diaphragmes est un peu considérable. Le diaphragme prend alors le nom de diaphragme « à vannes ». Pour éviter d'égarer ces diaphragmes, Harisson[1] a proposé de les fixer par leur partie supérieure à un même pivot; on laisse l'un d'eux dans la rainure du tube. Hermagis a réalisé dans son aplanéti-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 9.

que un perfectionnement de ce système (voir *fig. 70*). Le diaphragme-iris se fixe à demeure dans la monture de l'objectif; il amène une augmentation dans l'épaisseur de cette monture (*fig. 92*).

Chaque objectif est, en général, muni de diaphragmes dont les ouvertures vont en diminuant. Chez les bons constructeurs, ces ouvertures sont graduées de telle sorte que le temps de pose nécessité par l'objectif muni d'un diaphragme va en augmentant du double lorsque l'on passe d'un diaphragme à celui dont le diamètre est immédiatement inférieur. Dans les objectifs composés, le diamètre du diaphragme doit être déterminé par une méthode spéciale. Pour tous les objectifs, simples ou composés, le diamètre de l'ouverture du diaphragme détermine la *rapidité* et la *profondeur de foyer*.

Il y aurait grand intérêt à ce que les diamètres d'ouverture des diaphragmes de tous les objectifs soient rapportés à une même unité. M. G.-W. Webster a proposé d'adopter une série calculée de telle sorte qu'un diaphragme portant une certaine désignation représenterait un même temps de pose pour produire un même résultat avec les instruments de n'importe quel fabricant. La rapidité d'un objectif est réglée par le rapport de sa longueur focale à l'ouverture du diaphragme. Webster a proposé de prendre comme unité un objectif théorique dont le rapport d'ouverture serait $\frac{f}{2}$. Dallmeyer prend comme étalon de diaphragme l'ouverture d'un diaphragme dont la rapidité relative, c'est-à-dire l'inverse du carré de l'indice (le foyer étant pris pour unité), serait égal à 1. Soit, par exemple, un objectif de 15 centimètres de foyer admettant un diaphragme de 3 centimètres, son indice $\frac{3}{f} = \frac{3}{15} = \frac{1}{5}$ élevé au carré est $\frac{1}{25}$, dont l'inverse est 25. Dans le système de Dallmeyer, ce diaphragme serait 2.5 et nécessiterait un temps de pose égal deux fois et demi celui que l'on devrait employer avec le diaphragme étalon. La Société photographique de Londres admet que le diaphragme d'ouverture $\frac{f}{4}$ est pratiquement le plus grand que l'on puisse employer ; c'est cette ouverture qu'elle adopte comme unité. Le système de M. Dallmeyer nous semble préférable, parce que tous les nombres exprimant la rapidité relative sont supérieurs à 10 (sauf pour les objectifs extra-rapides à portraits), ce qui permet d'effectuer plus rapidement les comparaisons des divers objectifs.

Quelle que soit l'ouverture prise comme unité, il est indispensable que les ouvertures des autres diaphragmes soient telles que le temps de pose puisse être facilement calculé quand on change de diaphragme. En général, les bons constructeurs ont adopté des diaphragmes dont les surfaces d'ouvertures varient comme les nombres :

$$1 \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{16} \quad \frac{1}{32} \quad \ldots$$

En passant d'un diaphragme au suivant, le temps de pose sera doublé.

Au lieu de placer le diaphragme dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif, Sutton a proposé d'incliner le plan du diaphragme par rapport à l'axe, de façon à ce que le ciel envoie sur la plaque sensible moins de rayons lumineux que les objets rapprochés[1]. Dans le même but, Kershaw[2] place à l'avant du diaphragme une petite lamelle plus ou moins inclinée et qui réduit l'intensité lumineuse des parties du sujet fortement éclairés (le ciel dans un paysage, par exemple). On arrive au même résultat par l'emploi d'un obturateur à volet.

**87. Diaphragme-étoile.** — Le milieu de l'image qui se forme dans la chambre noire est toujours plus éclairé que les bords, et cet inconvénient augmente à mesure que le champ de l'objectif devient plus grand ; par suite, les bords d'une image photographique obtenue avec un objectif à grand angle sont plus noirs que le centre de l'image. Il y a plusieurs raisons qui concourent à cette inégalité d'éclairage : M. l'abbé Frarier a fait remarquer les principales[3].

1° Le rayon qui va frapper le bord de l'image rencontre le diaphragme obliquement et, par conséquent, pour lui l'ouverture circulaire du diaphragme est une ellipse dont le petit axe décroît en raison du cosinus de l'obliquité.

2° Le rayon extrême frappe l'image à une plus grande distance que le rayon central, et cette distance augmente comme la sécante de l'obliquité. Pour un objectif donnant un champ d'image de 90°, la lumière du bord est donc deux fois plus faible que celle du centre.

1. *Phot. Archiv.*, 1868, p. 247.
2. *British. Journ. Phot. Almanach*, 1870.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 205.

3° Le rayon extrême tombant sur la surface sensible obliquement, l'intensité de la lumière sera moins considérable.

Ce sont là les principales raisons qui font que l'image est plus éclairée au centre que sur les bords. M. l'abbé Frarier admet que l'intensité lumineuse diminue comme la quatrième puissance du sinus de l'obliquité. Ainsi, en supposant qu'au centre la force de la lumière soit prise comme unité à 30° du centre (c'est-à-dire aux bords d'une image donnée par un objectif dont le champ est 60°), la force sera

$$\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{9}{16} = 0.56$$

à 45° du centre (objectif dont le champ est 90°), la force de la lumière sera

$$\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^4 = \frac{1}{4} = 0.25.$$

Pour un objectif dont le champ serait 120° :

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} = 0.06.$$

Donc, pour obtenir de bonnes images avec les objectifs grands angulaires, il faut diminuer la lumière au centre tout en la laissant entière pour les bords. Dans ce but, M. l'abbé Frarier a proposé d'exposer d'abord aussi longtemps que le centre le demande, puis de faire en sorte que la chambre noire laissât tomber par deux fils très minces un écran qui cacherait le centre et qui s'approcherait insensiblement de l'objectif, de manière que l'ombre de cet écran finît, après un temps suffisant, par couvrir toute l'image.

Un moyen plus pratique est celui qui a été proposé depuis plusieurs années[1] et qui consiste à employer un disque de papier noir, ou de tôle mince découpée en forme d'étoile à 24 ou 30 rayons : il se place immédiatement devant l'objectif à l'aide d'un mince fil métallique. Le diamètre du noyau du diaphragme-étoile doit être le double du diamètre du diaphragme employé : la longueur des rayons et la position du diaphragme doivent être telles que le champ soit influencé jusqu'aux bords.

1. *Phot. Wochenblatt*, 1881, p. 64.

Pour se servir de cet appareil, on commence par faire poser la plaque comme à l'ordinaire, mais en n'exposant que le quart ou la moitié du temps nécessaire à la production de l'image; on achève la pose en plaçant le diaphragme-étoile, que l'on fait tourner une ou deux fois sur son axe, de telle sorte que les pleins et les vides de l'étoile n'apparaissent pas sur le cliché terminé.

### § 4. — Des obturateurs.

**88**. La lumière doit agir pendant un certain temps pour produire sur les substances placées au foyer de l'objectif les modifications qui permettent d'obtenir l'image photographique. L'agent lumineux doit donc traverser l'objectif à un instant déterminé, produire son effet, et, ce résultat étant obtenu, il faut arrêter l'action de la lumière : on y parvient à l'aide d'appareils appelés *obturateurs*.

Dans le sens le plus général du mot, on entend par *obturateur photographique* tout dispositif qui permet d'ouvrir et de fermer aux rayons lumineux la route qu'ils doivent parcourir pour produire leur action.

Pendant fort longtemps, les obturateurs ont consisté en un simple couvercle de boîte (en cuivre ou en carton garni de peau) se plaçant à la partie antérieure du tube de l'objectif et empêchant l'accès des rayons lumineux. Au moment d'opérer, on enlève à la main l'obturateur et on le replace lorsque le temps d'exposition est écoulé (voir *fig. 91 :* l'obturateur est à droite de l'objectif). Dans les débuts de la photographie, lorsque le temps de pose était considérable, l'on se servait d'une petite lame de laiton mobile autour d'un point fixe qui pouvait s'éloigner du diaphragme et venir *obturer* l'ouverture de ce dernier lorsque le temps de pose était terminé (voir *fig. 87*). Cette manœuvre devait être effectuée avec certaines précautions si le temps de pose (ou temps d'exposition à la lumière) n'était pas considérable ; il fallait, en effet, éviter de produire un ébranlement dans le système des appareils, ébranlement qui eût été préjudiciable à la netteté de l'image photographique.

Plus tard, lorsque les progrès accomplis dans les manipulations permirent d'obtenir des surfaces tellement sensibles que l'exposition à la lumière pendant une minime fraction de seconde fut reconnue suffisante, on s'aperçut qu'il fallait recourir à des dispositifs plus

perfectionnés pour ouvrir et fermer convenablement l'objectif : c'est là l'origine des appareils improprement appelés *obturateurs instantanés*.

L'obturateur instantané remplace donc le couvercle du tube ou *bouchon* de l'objectif. Avec ce dernier appareil, et pour des poses relativement longues, voici comment l'on opérait : on découvrait immédiatement la totalité de l'ouverture donnée à l'objectif, on laissait la lumière agir avec cette pleine ouverture pendant le temps convenable (quelques secondes ou minutes), puis on fermait aussi vite que possible l'objectif : le temps nécessaire pour ouvrir et fermer l'instrument était considéré comme négligeable eu égard au temps de pleine pose. Faisons décroître autant que nous voudrons la durée du temps d'exposition nécessaire pour produire l'image : ces conditions devront toujours être remplies, et on devra chercher à les réaliser dans la construction de tout obturateur, comme nous le verrons plus loin. Ces conditions permettent d'obtenir en grande partie l'égalité d'éclairage, la simultanéité de la pose de toutes les parties de la plaque sensible, le maximum d'effet utile dans le minimum de temps, les variations nécessaires dans la durée de ce temps.

Il existe un très grand nombre de modèles d'obturateurs, et l'on en construit tous les jours de nouveaux ; cependant, tous ces instruments peuvent être classés en deux catégories, qui dérivent de deux anciens modèles (*fig. 87 et 88*).

1° Les obturateurs à *mouvement circulaire :* leur mouvement s'effectue dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif (ouverture *latérale* s'il y a un seul disque, ou *centrale* s'il y en a plusieurs) ;

2° Les obturateurs à *volets :* ce sont des obturateurs constitués par un couvercle ou volet mobile autour d'un axe rencontrant ou ne rencontrant pas la circonférence du tube de l'objectif ; cet axe est, en général, perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif.

Dans la première catégorie, on peut établir des subdivisions. On peut, en effet, avoir un seul disque obturant se mouvant autour d'un point fixe et dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif ; dans ce cas, par suite du mouvement imprimé au disque, on découvrira d'abord l'un des côtés de l'objectif ; c'est là le type d'obturateur à *ouverture latérale*. Le dispositif connu sous le nom de *guillotine* rentre dans cette subdivision. Dans la guillotine, le point du disque qui sert de centre de rotation est situé à l'infini.

Si, au lieu d'une seule lamelle se mouvant autour d'un point fixe

(situé à une distance quelconque de l'axe de l'objectif), on imagine deux lamelles sollicitées par des forces égales et de sens contraire, il est clair que les points de l'espace situé dans le voisinage de l'axe de l'objectif seront découverts les premiers et fermés les derniers. Ces sortes d'obturateurs constituent les obturateurs *centraux* pouvant être formés par deux ou plusieurs lamelles placées dans des plans très voisins et perpendiculaires à l'axe.

La catégorie des obturateurs à volets présentera les mêmes subdivisions, suivant qu'il y aura : 1° un axe de rotation, ou 2° plusieurs axes et plusieurs volets symétriquement placés par rapport à un plan passant par l'axe optique de l'objectif.

**89. Place de l'obturateur.** — Lorsque le temps nécessaire à l'ouverture et à la fermeture de l'obturateur est négligeable ou très petit par rapport à la durée de la pose totale, peu importe la position occupée par l'obturateur : on peut le placer à l'avant de l'objectif, à l'arrière ou entre les deux lentilles, s'il s'agit d'un objectif combiné. Si le temps de pose est très court (pose dite *instantanée*), il n'en est plus de même parce que la durée de l'ouverture et de la fermeture peut constituer une quantité de même ordre que la durée de pleine pose. Or, au commencement du fonctionnement d'un obturateur latéral, placé d'une manière quelconque, l'image n'est pas bonne parce qu'elle est formée par les bords de l'objectif; de même à la fin du fonctionnement. On peut donc diviser la pose en trois temps[1] : 1° mauvaise image au commencement de la pose jusqu'au moment où l'objectif travaille à pleine ouverture; 2° bonne image pendant l'ouverture complète : 3° mauvaise image à la fin de la pose. Il faut donc prolonger le temps pendant lequel l'objectif travaille à pleine ouverture, c'est-à-dire la bonne pose relativement au commencement et à la fin de l'opération, par suite relativement aux mauvaises poses; en un mot, il faut noyer les mauvaises images dans la bonne, de telle sorte que cette dernière soit la seule qui apparaisse. On y parvient soit en donnant des dimensions considérables à l'ouverture du disque mobile, soit en réduisant le temps nécessaire à l'ouverture et à la fermeture de l'obturateur.

Ces diverses conditions ne sont pas toujours réalisées dans les obturateurs, et il convient alors de se préoccuper de la meilleure

1. Prasmowski, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1880, p. 323.

place à donner à ces instruments. Cette position est extrêmement importante et l'on peut constater l'influence des mauvaises images sur le résultat final à l'aide de deux expériences bien simples dues à M. Londe :

1° On introduit lentement une vanne mobile dans un plan aussi voisin que possible du diaphragme très ouvert d'un objectif (aplanétique ordinaire): l'image, au lieu de se dessiner sur toute l'étendue du champ de l'objectif, comme cela a lieu lorsque le diaphragme est étroit, ne se forme qu'au milieu, sur une étendue de forme allongée, analogue à celle de l'espace découvert par la vanne. Celle-ci continuant son mouvement, l'image augmente d'étendue jusqu'à la pleine ouverture du diaphragme ; on la voit ensuite se rétrécir lorsque la vanne limite de nouveau cette ouverture.

2° En même temps que l'image se dessine ainsi successivement, elle se déplace sur la glace dépolie d'une quantité toujours appré-

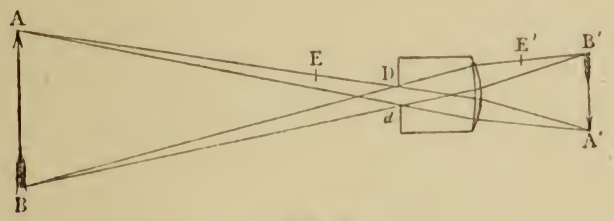



Fig. 93.

ciable, mais que l'on peut porter à plusieurs millimètres pour des objets situés dans un plan très différent de celui pour lequel a lieu la mise au point[1].

Il est donc indispensable que l'obturateur soit convenablement placé, et M. Ad. Martin[2] a montré quelle était la meilleure position que devait occuper cet instrument. Soit un objet lumineux AB *(fig. 93)*, un diaphragme D placé en avant de l'objectif simple, et l'obturateur placé en E en avant du diaphragme D ; supposons que l'écran fonctionne de haut en bas : il arrêtera une portion sans cesse croissante de rayons venant de A et l'image de ce point s'obscurcira de plus en plus, puis il en sera de même pour tous les points situés entre A et B, le point B s'obscurcissant le dernier. Ce serait l'inverse

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 124.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 254.

si l'écran se mouvait en E′ : l'extinction se produirait de même en suivant une marche progressive, mais en sens contraire.

Si l'écran se meut dans le plan du diaphragme, aussitôt qu'il se présente devant l'ouverture il entame la même proportion de tous les faisceaux venant des divers points de l'objet AB, et l'image s'obscurcit uniformément jusqu'à s'éteindre simultanément dans toute son étendue lorsque l'écran sera parvenu au bas du diaphragme ; en un mot, les choses se passent à peu près comme si l'on faisait décroître successivement l'ouverture du diaphragme jusqu'à ce que cette ouverture soit nulle. Les mêmes phénomènes se produiraient en sens inverse au moment de la réouverture de l'obturateur.

On voit donc que : 1° si l'obturateur est en avant du diaphragme et se meut de haut en bas, le ciel est visible le premier et le sol en dernier lieu ; 2° s'il est en arrière, le contraire aura lieu. Dans l'un comme dans l'autre cas (à moins que la durée de pleine ouverture de

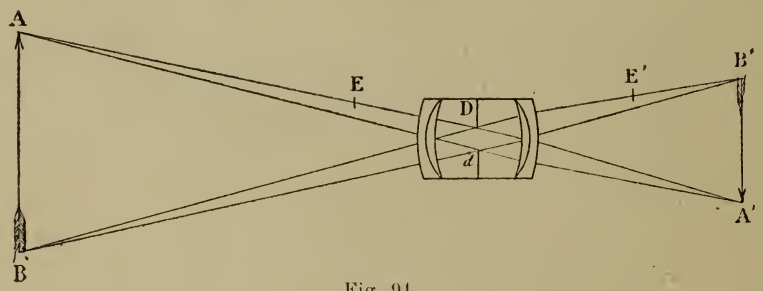



Fig. 94.

l'objectif ne soit très grande par rapport à celle qui est nécessaire pour découvrir et recouvrir l'objectif), l'*image d'objets en mouvements sera déformée* d'une façon très visible si ces objets occupent une certaine longueur sur l'image.

Si l'obturateur est placé sur le diaphragme même dans lequel passent tous les faisceaux correspondant aux divers points de l'objet, l'action lumineuse aura la même durée pour toute l'étendue de l'image : le disque mobile fera fonction de diaphragme qui va s'agrandissant et se rétrécissant. L'image pourra peut-être manquer de netteté par suite de la trop grande durée de pose par rapport à la vitesse de l'objet, mais il n'y aura pas déformation.

On voit donc que, pour l'objectif simple, la position de l'obturateur doit être aussi voisine que possible du plan du diaphragme. Le même raisonnement s'appliquerait à l'objectif double, aplanétique, etc.

*(fig. 94)*. Pour que l'obscurcissement et l'éclairement soient simultanés pour tous les points de la glace dépolie, il faut que l'obturateur se meuve dans le plan du diaphragme. Ceci montre l'une des supériorités du système des obturateurs à disque sur le système d'obturateurs à volets.

L'étude du fonctionnement du diaphragme dans l'objectif permet de se rendre compte de ce qui se passe lorsque le diaphragme est un peu grand et que l'on emploie un obturateur à volet. Soit un objet AB, un diaphragme OP et une lentille $L_1L_5$ *(fig. 95)*. Les rayons venant de B ne convergent pas sensiblement en un point comme les rayons du faisceau dans l'axe : leurs points de convergence varient suivant la région de la lentille qu'ils rencontrent. Le rayon qui passe par le centre de la lentille est coupé en *b* par le rayon $BL_2$, qui est au-dessous de lui, c'est-à-dire que les foyers du point B donnés par la région $L_2$ $L_4$ forment, non pas un point unique, mais une ligne *ab* :

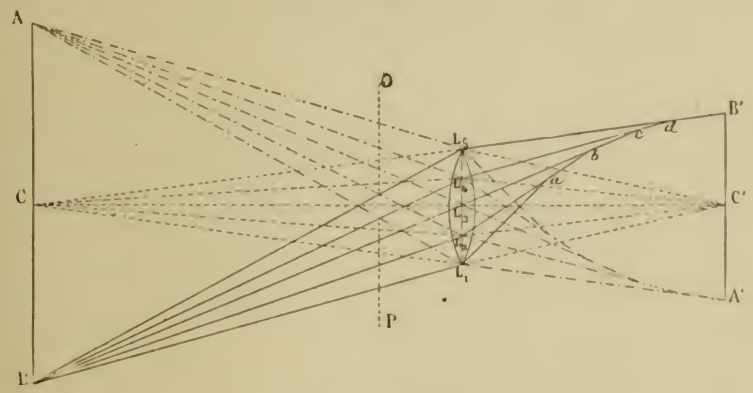



Fig. 95.

de même, les foyers formés par la région $L_3$ $L_4$ forment la ligne *bc* inclinée sur la première. Le rôle du diaphragme est de ne laisser passer que les rayons qui concourent à former une bonne image. Pour produire ce résultat, le diaphragme doit être centré avec l'objectif ; or, l'obturateur à simple plaque mobile ne l'est jamais complètement puisqu'il commence par découvrir et par fermer *latéralement* le diaphragme. Pour donner de bons résultats, cet obturateur devra avoir une ouverture de forme spéciale.

**89. Ouverture de l'obturateur.** — L'ouverture de l'obtura-

teur devra toujours être plus longue (dans le sens du mouvement) que le diamètre de l'ouverture du diaphragme qu'il doit obturer : l'image correspondant au temps de pleine pose sera ainsi la seule

Fig. 96.

visible ; les mauvaises images ne laisseront sur la surface sensible qu'une trace nulle ou négligeable.

Supposons une ouverture carrée percée dans la lame mobile d'un obturateur *(fig. 96)*, le côté de cette ouverture étant égal au diamètre du diaphragme ; représentons par AB *(fig. 97)* l'intervalle de temps

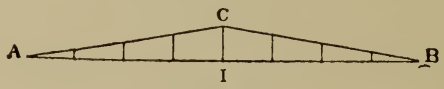



Fig. 97.

compris entre l'instant où le diaphragme commence à être découvert et celui où il est complètement fermé : c'est le temps *total de pose.* Traçons sur AB des ordonnées correspondantes à la portion du diaphragme découverte à chaque instant de la pose ; en joignant les extrémités de ces ordonnées, on obtient un triangle ACB (nous supposons, bien entendu, le mouvement uniforme) qui représente la

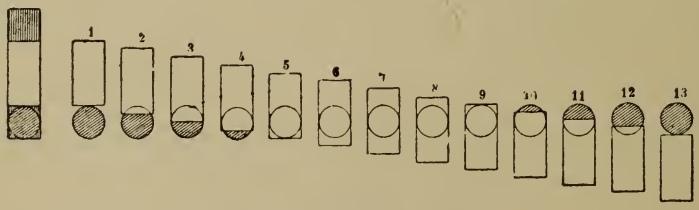



Fig. 98.

totalité du temps de pose. Or, l'objectif doit laisser passer le maximum de lumière pendant le temps le plus long possible. Ce maximum de lumière correspond à l'ordonnée C ; la pleine ouverture n'existe donc que pendant un temps très court : cette forme d'ouverture est donc mauvaise.

En augmentant le diamètre de l'ouverture de manière qu'elle soit

égale à un nombre quelconque de fois le diamètre du diaphragme, le résultat sera meilleur.

Supposons *(fig. 98)* que le côté de l'ouverture soit égal à quatre fois le diamètre du diaphragme : on voit, d'après la figure 99, que la pleine pose dure quatre fois plus que lorsque le côté de l'ouverture est égal au diamètre du diaphragme, les temps d'ouverture et de fermeture étant les mêmes[1].

La forme circulaire de l'ouverture doit être rejetée pour un obturateur à plaque mobile animé d'un mouvement rectiligne. Soit un obturateur se mouvant de haut en bas; divisons par la pensée la surface du diaphragme en un certain nombre de bandes étroites, verticales, et supposons qu'il s'écoule une unité de temps (une seconde par exemple) entre le commencement de l'ouverture et la fermeture totale de l'objectif; il est clair que pour une bande s'éloignant du

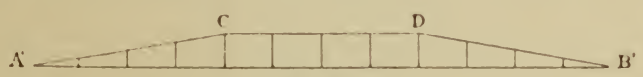



Fig. 99.

centre la lumière n'agira que pendant un temps proportionnel à la hauteur de cette bande. En particulier, la bande qui est sur le bord du diaphragme ne reçoit de lumière que pendant un temps infiniment court: on n'utilise donc pas tout le pouvoir éclairant de l'objectif. Au contraire, si l'ouverture de la lamelle obturatrice est un carré, tout point de chacune des bandes reçoit la lumière pendant le même temps, et le fonctionnement de l'objectif sera meilleur. La quantité totale de lumière qui pénètre dans l'objectif augmentera surtout parce que la surface découverte du diaphragme est plus considérable.

En désignant par R le rayon du diaphragme, $\alpha$ l'angle correspondant à l'arc du segment découvert, la différence entre les surfaces découvertes par un obturateur à ouverture circulaire et un obturateur à ouverture carrée est représentée par $R \sin \alpha (1 - \cos \alpha)$. On peut démontrer qu'une lamelle à ouverture carrée tombant en une seconde laisse pénétrer autant de lumière qu'une ouverture circulaire tombant pendant $1^s,25$.

Si l'obturateur est constitué par un disque tournant autour d'un

1. A. Londe, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 256.
2. Jubert, *ibid.*, 1880, p. 132.

point peu éloigné de l'axe de l'objectif, la forme de l'ouverture doit être celle d'un secteur.

En effet, faisons tourner un tel secteur jusqu'à ce que l'un des rayons vienne occuper la place primitivement occupée par l'autre; admettons que ce mouvement s'accomplisse d'une manière uniforme pendant une seconde : tous les points de la première droite, quels qu'ils soient, sont partis en même temps et arrivés en même temps; ils ont parcouru des chemins de plus en plus longs, mais avec des vitesses différentes. Si l'ouverture comprise entre les rayons sert à introduire la lumière dans l'objectif, cette lumière entrera pendant un temps qui sera rigoureusement le même pour toutes les parties de l'appareil, et c'est précisément ce que l'on recherche pour avoir une pose uniforme. Ceci est vrai, quelle que soit la distance du point de rotation du disque à l'axe de l'objectif; à la limite, lorsque le point de rotation est infiniment loin, on retrouve donc la forme rectangulaire de l'ouverture d'obturateur.

Une ouverture carrée ou circulaire ne donnerait pas un temps de pose régulier dans un mouvement circulaire[1].

Ce sont là les deux formes que l'on doit donner aux ouvertures des obturateurs à lamelles. La théorie est ici d'accord avec la pratique, et les deux formes indiquées sont celles que doivent présenter les obturateurs à une seule lamelle, qui constituent les obturateurs les plus simples.

Ces formes d'ouvertures sont aussi celles que la pratique a reconnu comme étant les plus avantageuses pour les obturateurs à deux ou plusieurs lamelles, que ces obturateurs soient constitués par des disques tournants ou des plaques mobiles, sollicitées par la pesanteur ou un ressort quelconque.

**91. Obturateurs à mouvement circulaire. — Obturateurs latéraux.** — Le plus simple de ces obturateurs est celui dans lequel le mouvement de rotation s'effectue autour d'un point situé à l'infini. Cet appareil est connu sous le nom de *guillotine*. Il consiste généralement en une lame de métal mince ou de carton percée d'une ouverture carrée passant par son simple poids devant le diaphragme. Un ressort métallique permet de rendre libre cette lamelle et de la laisser tomber au moment convenable. Il suffit, en

1. A. Londe, *La photographie instantanée*. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

effet, d'écarter légèrement le ressort, soit à l'aide du doigt, soit par l'augmentation de volume d'une boîte à air placée entre le ressort et la paroi de l'obturateur (déclenchement pneumatique) (*fig. 100*).

L'obturateur à guillotine doit se placer entre les deux lentilles de l'objectif double ; la lamelle doit être percée d'une ouverture rectangulaire dont la surface doit être deux ou trois fois plus considérable que celle de l'ouverture du diaphragme ; enfin, condition qui n'est

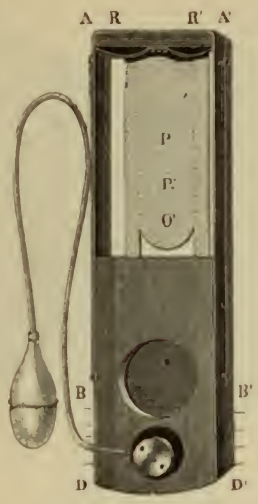



Fig. 100.

réalisée que dans un petit nombre d'obturateurs à guillotine, la lamelle doit être renfermée dans un étui (*fig. 101*). On évite ainsi complètement tout accès de lumière extérieure. Si l'on opère au soleil avec une guillotine consistant en une simple lamelle métallique glissant dans le tube de l'objectif, il peut arriver que lorsque la lamelle est à moitié de sa course la lumière s'introduise par la fente et l'ouverture de l'obturateur : la plaque est alors voilée. On s'aperçoit facilement de ce défaut en disposant l'obturateur monté sur la chambre noire de la manière suivante : on place l'appareil au soleil, les *rayons solaires pénétrant dans la fente du diaphragme ;* on recouvre la lentille de son couvercle (bouchon de l'objectif) ; on met l'obturateur en place, et, après avoir recouvert la chambre noire d'un voile noir, on examine si le verre dépoli est éclairé : on constatera qu'il en est réellement ainsi avec un très grand nombre d'obturateurs

du commerce. De tels instruments peuvent donner lieu à des épreuves voilées.

Le plus souvent, la lamelle obturatrice est placée dans une situation verticale et tombe en vertu de son propre poids ; d'autres fois, elle est

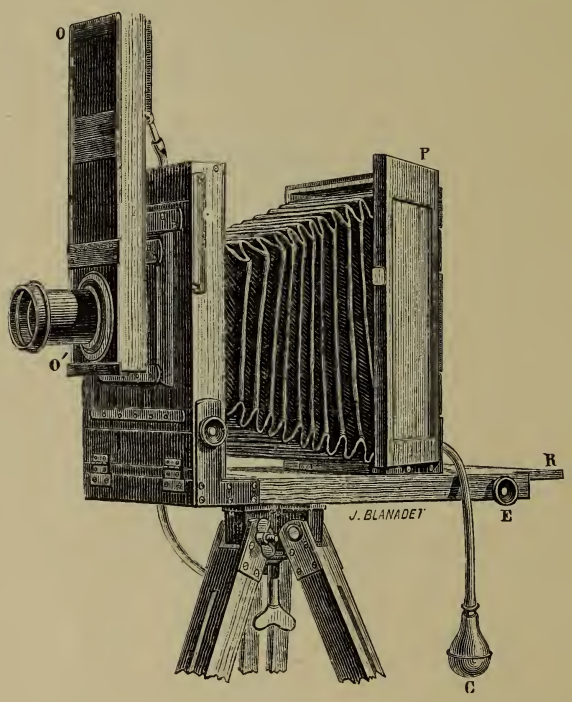



Fig. 101.

sollicitée par un ressort dont on peut modifier la tension, ce qui fait varier la vitesse de la lamelle ; en inclinant plus ou moins l'instrument, on obtient aussi une variation dans sa vitesse (*fig. 102*).

**90. Obturateurs « à pose ».** — Avec la forme que l'on donnait primitivement à l'obturateur, alors que cet instrument consistait en un simple couvercle que l'on plaçait sur l'objectif, on était maître de régler la durée du temps pendant lequel il convenait d'exposer la plaque sensible à la lumière ; il n'en était plus ainsi avec les obturateurs instantanés. Pour simplifier le travail lorsque l'on fait avec les mêmes appareils des clichés en employant soit des temps de poses très longs, soit des temps de pose dits instantanés, on a songé à arrêter la marche de l'instrument au gré de l'opérateur, et cela au moment où la surface de l'objectif est entièrement démasquée. Le temps d'exposition de la plaque à la lumière étant jugé suffisant, on agit sur

l'obturateur et il se referme. Un tel système constitue un obturateur dit « à pose ». Pour les poses très courtes, inférieures à une fraction de seconde, on modifie la tension du ressort qui actionne l'obturateur et on fait varier ainsi, dans des limites assez étendues, la vitesse du disque ou du volet qui obture l'objectif. Ce dispositif existe dans presque tous les bons appareils. Certains constructeurs se sont appliqués à fabriquer des obturateurs fonctionnant automatiquement pendant un nombre de secondes déterminé à l'avance, ou même pendant une fraction de seconde. Sans prétendre que de tels instruments ne soient précieux pour certaines recherches scientifiques, nous

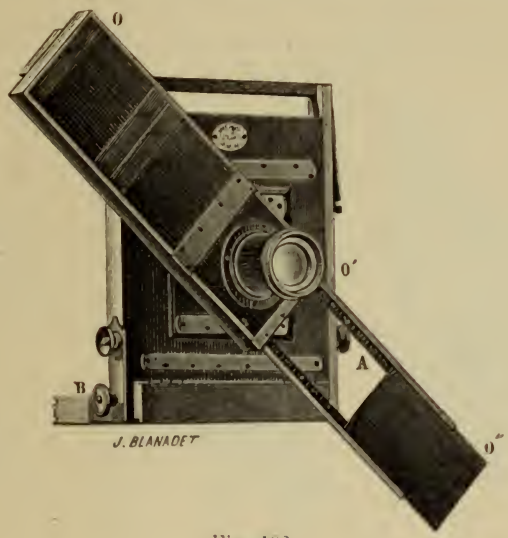



Fig. 102.

pouvons affirmer qu'ils sont absolument inutiles dans la pratique courante. L'appréciation des temps de pose est déjà difficile lorsqu'il s'agit d'une durée de quelques secondes ; les erreurs que l'on commet dans cette appréciation peuvent être le plus souvent annulées par un développement bien conduit ; dans tous les cas, les indications fournies par les obturateurs dits « *chronométriques* » sont absolument illusoires, relativement à la durée du temps de pose ; ce qu'il importe de connaître, c'est la vitesse de l'obturateur, quel que soit le temps de pose que cette vitesse permette d'obtenir. En pratique, il faut pouvoir retrouver la vitesse d'obturateur qui, dans des conditions d'éclairage, d'objectif, de sujet à photographier, ont permis d'obtenir de bons résultats : sauf pour les recherches scientifiques, il suffit d'avoir un obturateur dont la vitesse puisse varier suivant la sensibilité de la plaque, la lumière, l'objectif employé, etc. De plus, l'obturateur doit être muni d'un dispositif permettant de prolonger à volonté la durée du temps de pleine ouverture.

**93. Modifications de l'obturateur à guillotine.** — Le premier emploi de l'obturateur à guillotine a été fait dès le début du daguerréotype :

on obtenait ainsi des épreuves instantanées sur plaqué d'argent; plus tard, Foucault fit observer[1] qu'il valait mieux avoir recours à des ressorts actionnant la lamelle qu'à la seule action de la pesanteur. Pour des poses relativement lentes, Bertsch[2] a conseillé de pousser à la main la lamelle obturatrice; de cette façon, on peut en modérer la vitesse comme l'on veut. Jamin[3], au contraire, se sert d'une guillotine se mouvant de bas en haut : elle est actionnée par un poids glissant à frottement dans un tube; un dispositif permet d'arrêter ce poids et d'obtenir tel temps de pose que l'on désire. MM. Detaille[4] utilisent pour le déclenchement la vitesse acquise par la chute d'une masse tombant de différentes hauteurs, suivant qu'on veut donner telle ou telle pose.

Humbert de Molard[5] a remplacé la lamelle obturatrice par un simple

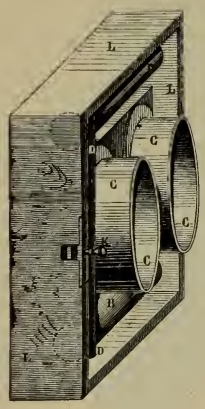



Fig. 103.

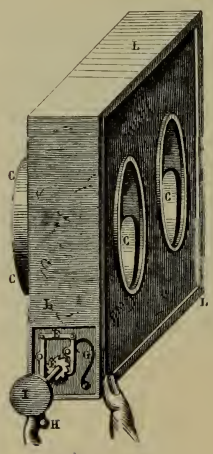



Fig. 104.

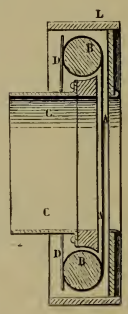



Fig. 105.

rideau; cet obturateur, qui se plaçait à l'avant de l'objectif (*fig. 103*), était basé sur le mécanisme du store de voiture, comme le représente la figure 105. BB sont les deux cylindres sur lesquels s'enroule le store, I est le bouton de remontage (*fig. 104*), E une roue à rochet, G le ressort d'encliquetage, H la clef de la détente. Un régulateur DD agissait par pression (*fig. 105*) sur les cylindres et permettait de modifier la vitesse de l'obturateur. L'emploi d'un instrument du même genre a été récemment proposé par Edwards[6] pour l'obtention des clichés instantanés et par Jonte et Simonoff[7]. Gaudin[8] avait appliqué l'obturateur à guillotine à la production des

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 36.
2. *Ibid.*, 1864, p. 232.
3. *Ibid.*, 1862, p. 36 .
4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1887, p. 522.
5. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 182.
6. *Ibid.*, 1885, p. 203.
7. *Ibid.*, 1881.
8. *Horn's Photographic journal*, 1858, n° 3, p. 73.

épreuves positives par transparence. Cet instrument fut employé par Murray et Heat, W. de la Rue[1] qui le fit servir à la photographie de la lune : l'appareil était actionné par un ressort à boudin ou par un ressort en caoutchouc.

Cet obturateur a été surtout employé dans les commencements de la photographie, et les perfectionnements dont il est susceptible ont tenté la sagacité des chercheurs. M. Mauduit[2] se sert d'un instrument qui fonctionne par déclenchement pneumatique, avec ou sans l'action de ressorts, selon que l'on veut plus ou moins précipiter la chute. L'obturateur s'adapte sur le tube de l'objectif à l'aide d'une bague *b* maintenue par une vis de pres-

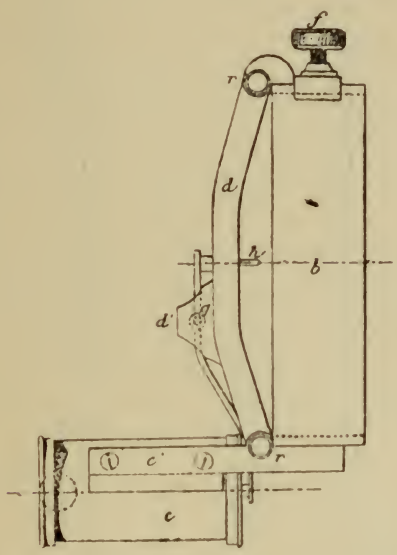



Fig. 106.

sion *f* (*fig. 106*) : cette bague sert de support aux divers organes de mécanisme, d'enclenchement et de déclenchement actionnés par la boîte à air *c*. L'obturation est produite par une plaque d'acier *p* (*fig. 107*), armée au sommet de substances capables d'amortir le choc lorsque la guillotine tombe sur le tube : le cuir remplit très bien cet objet et empêche le rebondissement. Un certain nombre d'onglets $o_1$ $o_1$ $o_2$ (*fig. 108*) permettent l'encliquetage, suivant qu'il a lieu de donner à la chute de la plaque une vitesse plus ou moins grande. Si l'on ne veut pas se servir de l'obturateur *p*, on l'enlève et l'on glisse la bague *b* sur les mortaises qui guident cet obturateur. Au sommet *m* sont placés deux crochets *q* et *q'* où s'attachent les extrémités du ressort à boudin permettant d'obtenir une augmentation de vitesse.

Au lieu d'un déclenchement pneumatique, Williams[3] actionne directe-

1. *Kreutzer, Zeitsch f. phot.*, 1862, p. 68.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 190.
3. *Phot. news.* 1884.

ment l'obturateur à guillotine. Son instrument se compose d'un écran

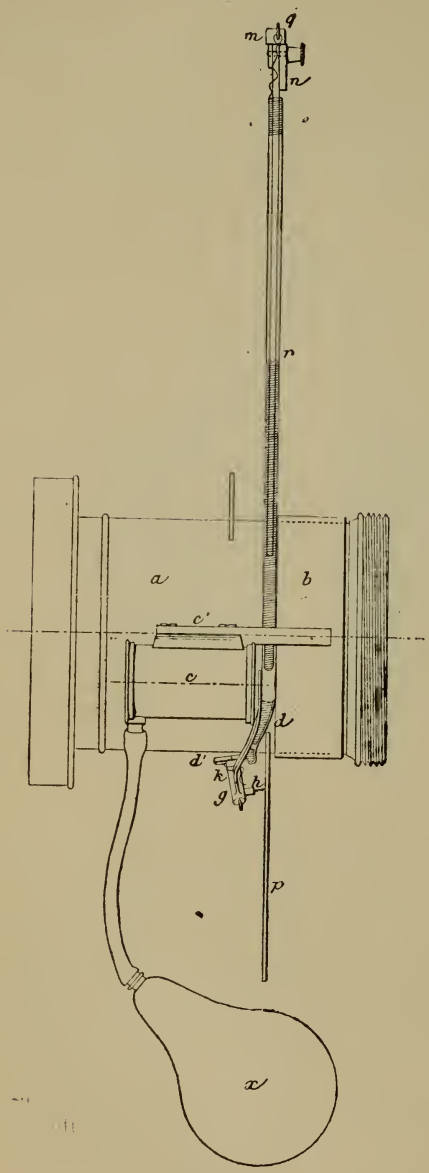



Fig. 107.

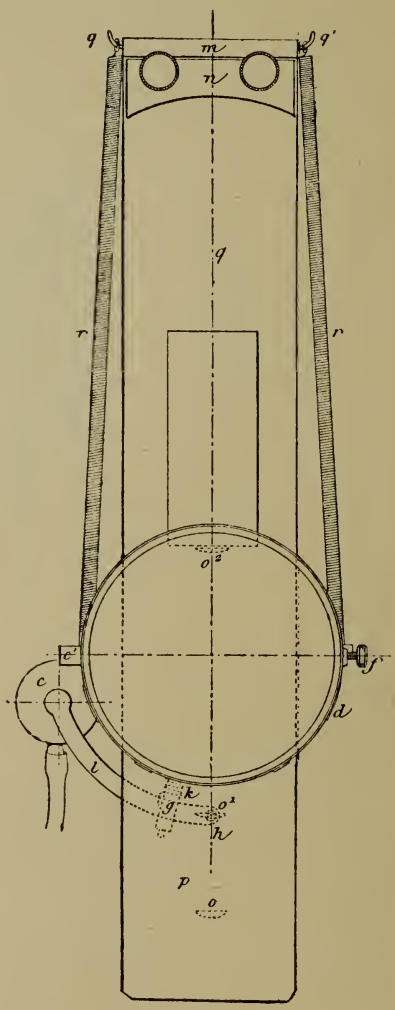



Fig. 108.

mince et mobile en cuivre jaune suspendu en arrière de l'objectif; il est maintenu en place à l'aide d'une épingle ou goupille facile à relever. Bur-

ton[1] se sert du dispositif suivant (*fig. 109*) : A est la lamelle obturatrice. B est l'une des deux parois concourant avec les pièces d'écartement C à former le bâti dans lequel glisse la lamelle, D est une épaisse pièce de bois percée d'une ouverture circulaire permettant de l'adapter à l'objectif et servant à supporter l'obturateur ; en *a*, *b*, *c* se trouvent des fentes par lesquelles on introduit un morceau de carton ordinaire de façon que la guillotine vienne y buter par l'extrémité *d* de son ouverture. Une pièce d'étain noircie ou un morceau de plaque ferrotype recourbé suivant E (*fig. 109*) est destiné

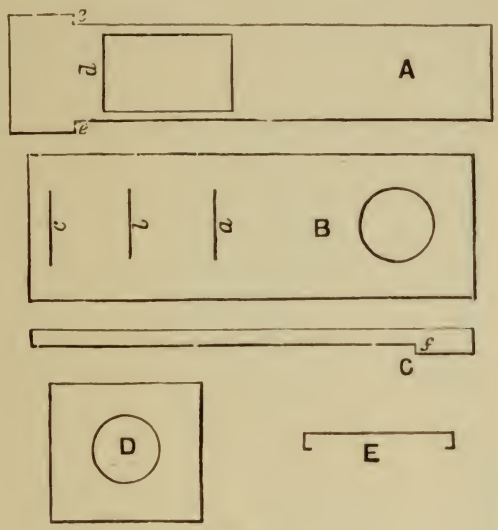



Fig. 109.

à glisser de haut en bas devant l'ouverture D : elle permet de fermer une portion de cette ouverture (*fig. 110*) de façon à diminuer la lumière du ciel.

M. Hammyngton[2] donne à l'ouverture de la lamelle une forme hexagonale (*fig. 111*). Dans le même but, M. Gauthier[3] emploie une guillotine horizontale, actionnée par un caoutchouc ; l'ouverture de la lamelle présente la forme d'un trapèze dans le haut, d'un rectangle dans le bas. On a proposé aussi pour cet objet la forme triangulaire disposée de façon à donner plus de pose aux bords qu'au centre de l'image. Ces deux dispositifs sont dus à Mason. Les extrémités de l'ouverture forment un angle plein rentrant de façon que l'ouverture va se rétrécissant au centre. M. Chapelain[4] donne à l'ouverture de la guillotine la forme que l'on voit sur la figure 100. Ces deux formes pourraient être utiles si l'on se servait d'objectifs à angle très grand ; mais ce n'est pas le cas pour la photographie instantanée et la forme rectangulaire est préférable.

1. *ABC de la photographie moderne*, p. 42 ; Paris, Gauthier-Villars, 1889.
2. *Photographic News Almanach*, 1882, p. 95.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 203.
4. *Ibid.*, 1884, p. 121.

Nous avons vu que divers modes de déclenchement avaient été proposés dans le but d'éviter toute secousse pendant l'ouverture de l'obturateur à guillotine; le déclenchement, à l'aide d'une détente quelconque actionnée directement à la main, ne peut convenir qu'aux appareils un peu lourds, et,

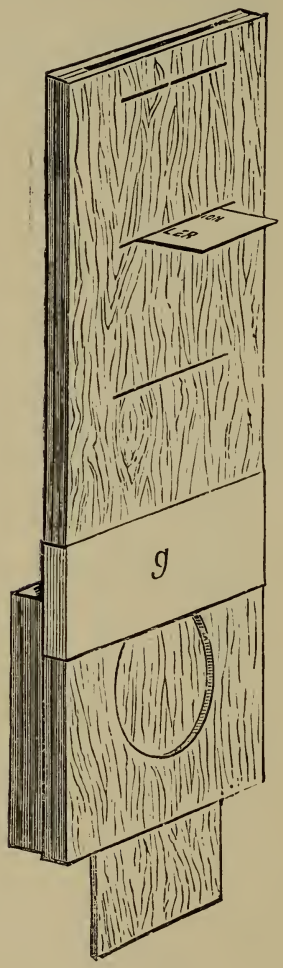



Fig. 110.

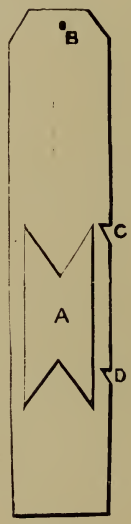



Fig. 111.

en général, il faut avoir recours au déclenchement pneumatique. M. Trévaux[1], dans le but d'éviter toute vibration de l'appareil, emploie une guillotine actionnée par un électro-aimant. M. Mauduit[2] a employé un dispositif analogue; le courant était fourni par une petite pile de poche.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1884, p. 65.
2. *Ibid.*, 1884, p. 127.

M. David[1], au lieu d'employer une seule lamelle, en emploie deux, qui constituent deux vannes s'ouvrant de bas en haut et se fermant de haut en bas; elles sont indépendantes. L'obturateur se place contre l'objectif, en avant ou contre le diaphragme. Si l'on veut faire une instantanéité, c'est la vanne d'ouverture qui, à la fin, déclenche la vanne de fermeture; si l'on veut faire des poses plus ou moins prolongées, on déclenche d'abord la vanne d'ouverture, puis, la pose terminée, celle de fermeture. Dans le but de déterminer très exactement le temps de pose, M. Gilonna[2], de Lyon, a construit sur le même principe un obturateur chronométrique (*fig. 112*) : la fermeture se produit à l'aide d'un mouvement d'horlogerie qui agit après le temps voulu sur la seconde vanne; la première vanne s'ouvre à l'aide

Fig. 112.

d'un déclenchement pneumatique. Afin de fractionner exactement la durée de la seconde, M. Borlinetto[3] a proposé d'appliquer aux obturateurs le principe d'un métronome combiné avec l'emploi d'un électro-aimant.

M. Fleury-Hermagis[4] a disposé sur la guillotine deux ouvertures superposées au lieu d'une seule. L'une de ces ouvertures est munie d'un verre vert, l'autre reste vide et laisse seule pénétrer dans l'objectif la lumière nécessaire à l'instantanéité de l'impression. L'objectif avec verre vert permet de photographier les détails dans la verdure, sans perdre ceux des monuments blancs placés dans la même vue. Cet obturateur s'adaptait devant le parasoleil de l'objectif comme ceux antérieurement construits par M. Darlot. Une modification de même genre a été proposée par M. Prümm[5]. Il colle sur l'ouverture de l'obturateur un morceau de papier de soie transparent, dont il découpe seulement une bande étroite suivant le diamètre horizontal de l'ouverture. La pose n'a lieu qu'après l'*exposition préalable* de toute la surface sensible à la lumière diffuse : on obtient par ce moyen des épreuves plus douces, mais le cliché est voilé si la surface du papier est trop considérable par rapport à celle de l'ouverture.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 36.
2. *Ibid.*, 1887, p. 23.
3. *Moniteur de la Photographie*, 1880.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1877, p. 64.
5. *Phot. Mittheilungen*, 1880, p. 186.

M. Harisson[1] a supprimé l'ouverture de l'obturateur à guillotine. Il emploie une lamelle légère, sans ouverture. Elle se meut de bas en haut (*fig. 113*) et revient sur elle-même avec une rapidité d'autant plus grande que le caoutchouc qui sert de ressort est plus ou moins tendu, ce qui a lieu en le fixant à des points d'attache plus ou moins éloignés. Avec cet appareil, c'est la partie inférieure de l'objectif qui reçoit le plus de lumière, puisque c'est la première démasquée et la dernière fermée. Hoskin[2], Grimston, Gorde[3], etc., ont employé des dispositifs analogues. M. Valette[4] préconise la guillotine ordinaire se mouvant de bas en haut. Au moyen d'une poire en caoutchouc et d'une chambre à air : c'est la pression plus ou moins rapide de la poire qui donne à la planchette obturatrice un mouvement plus ou moins accéléré.

Swann, de Newscastle, a imaginé, en 1866, un obturateur qui se place dans le plan des diaphragmes. On le dispose en le glissant à travers la mon-

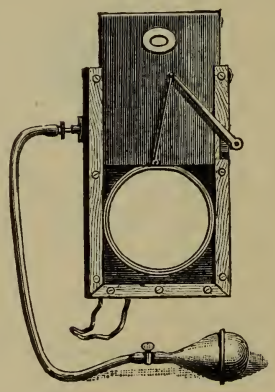


Fig 113.

ture; en avant, se trouve une sorte de guillotine qui peut faire glisser de haut en bas, et réciproquement, un petit volet en aluminium. Cet obturateur est commandé par deux ressorts à boudin dont l'un tend à l'élever, l'autre à l'abaisser. Une double détente est disposée à la partie supérieure; si on la touche d'un côté, l'un des ressorts agit immédiatement et soulève l'obturateur qui remonte au sommet du châssis et y reste fixé jusqu'à ce que touchant l'autre côté de la détente on laisse libre l'autre ressort, qui fait redescendre l'obturateur; ce résultat s'obtient en délivrant l'extrémité du ressort élévatoire et laissant l'autre ressort libre d'exercer tout son effet.

On peut commander le second ressort à l'aide d'un fil de soie portant un poids suspendu à une distance variable d'un crochet qui commande le second ressort; on obtient ainsi divers temps de pose.

1. *British journal Almanach*, 1880.
2. *Kreutzer's Zeitsch. f. Phot.*, 1862, p. 71.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 25.
4. *Ibid.*, 1885, p. 33.

England[1] a construit un obturateur placé dans la chambre même et faisant partie du châssis négatif. Il consiste en une lame munie d'une fente longitudinale de toute la longueur de la glace. La partie inférieure de ce volet couvre avant l'exposition toute la surface sensible. Lorsqu'on touche un petit levier, la lame tombe rapidement, la fente longitudinale passe devant la glace, fournissant ainsi une exposition très rapide.

On peut, nous l'avons vu, obtenir une vitesse plus ou moins grande de l'obturateur en employant des ressorts à tension variable agissant sur les lamelles. M. Birdshall[2] emploie pour cet objet un régulateur à ailettes recevant son mouvement à l'aide d'une crémaillère fixée sur le côté de l'obturateur; en inclinant plus ou moins les ailettes, on peut faire varier la vitesse de la lame et par suite obtenir une grande variété de temps de pose.

**94. Obturateurs latéraux à mouvement circulaire.** — Ces obturateurs consistent essentiellement en une plaque de métal léger, mobile autour d'un point fixe, et se mouvant dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif. La plaque métallique est généralement percée d'une ouverture en forme de secteur.

L'un des meilleurs systèmes d'obturateurs à mouvement circulaire a été imaginé par MM. Londe et Dessoudeix[3]; ils donnent à leur appareils deux formes différentes, suivant qu'ils le placent à l'arrière ou entre les deux lentilles de l'objectif.

Le premier modèle est enfermé dans une boîte en bois qui s'applique sur la planchette de la chambre au moyen de quatre vis: la planchette de l'objectif se fixe sur cette boîte. L'obturateur se compose d'un demi-disque opaque, percé d'une ouverture en forme de secteur et entraîné par un ressort en acier trempé et bruni; ce demi-disque est maintenu en place par un ressort sur lequel peut agir une boîte à air produisant le déclenchement. Un arrêt spécial évite tout rebondissement, tout en atténuant le choc qui se produit à l'arrivée et qui, à la longue, pourrait détériorer l'appareil. Une manette invariablement fixée au disque permet d'armer l'obturateur: il suffit pour cela d'amener la manette sur le mot *départ* ou D (*fig. 114*). Un bouton spécial S permet de maintenir l'appareil ouvert pour effectuer la mise au point; pour cela, il suffit de faire marcher la manette de A vers D, jusqu'à ce qu'elle ait dépassé la verticale; à ce moment on appuie sur le bouton de mise au point et on lâche la manette : le disque est immobilisé (*fig. 115*). Une manette

1. *The Phot. Journ. London*, 15 avril 1862.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1886, p. 228.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 203.

plus grande, qui se meut sur sept encoches numérotées, permet de tendre plus ou moins le ressort moteur et de faire ainsi varier la vitesse de l'appareil. Toutes les fois que la manette est placée dans

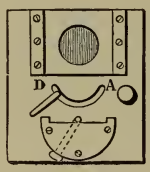



Fig. 114.

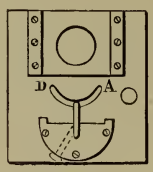



Fig. 115.

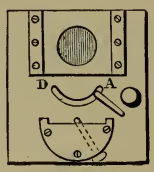



Fig. 116.

une même encoche, le ressort est tendu de la même manière et l'on obtient la même vitesse. Quant au temps de pose obtenu, il varie d'après le diaphragme employé. Le changement de vitesse peut être obtenu rapidement, même si l'obturateur est armé et prêt à partir; cet avantage est considérable dans la pratique.

Un dispositif spécial permet de maintenir le volet ouvert tant que l'on agit sur la poire en caoutchouc qui sert à comprimer l'air dans

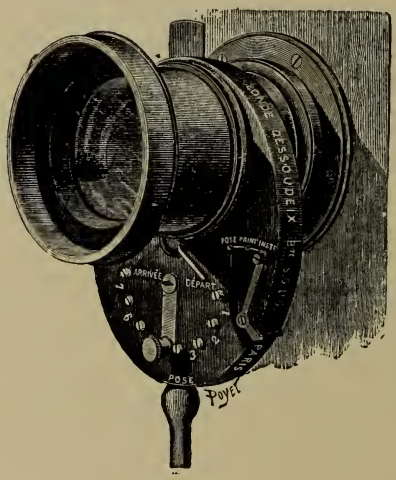



Fig. 117.

la boîte de déclenchement. Aussitôt que l'on cesse de presser cette poire, le volet se referme très rapidement; cet obturateur permet donc d'obtenir des temps de pose aussi longs qu'on le désire. Pour cela, il suffit, dans les nouveaux obturateurs, de placer l'index que l'on voit à droite de l'appareil (*fig. 117*) sur le mot *pose :* cet index permet

aussi d'immobiliser le disque lorsqu'il découvre l'objectif: il suffit de le placer sur le mot *point*.

Ce nouvel obturateur se place entre les deux lentilles de l'objectif. Grâce aux faibles dimensions du disque, il permet d'obtenir des vites-

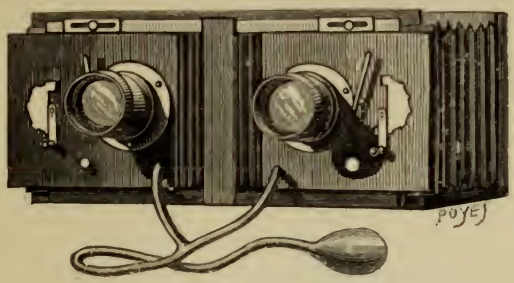



Fig. 118.

ses considérables: de plus, il est extrêmement léger et son maniement est des plus simples. C'est certainement l'un des obturateurs les plus faciles à manier et celui dont l'emploi est le plus répandu.

Pour l'obtention des vues stéréoscopiques, on emploie deux obtu-

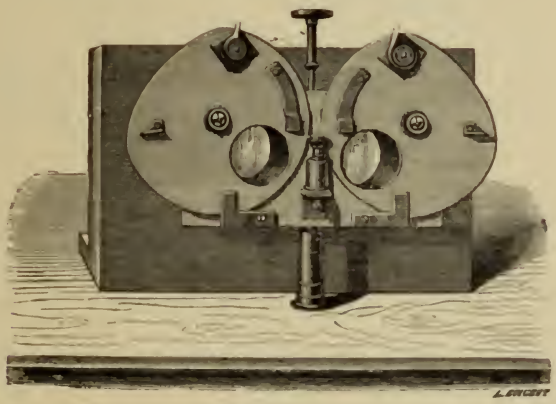



Fig. 119.

rateurs dont on détermine le départ simultané au moyen d'un tube à embranchement (*fig. 118*).

**95. Modifications de l'obturateur latéral circulaire.** — L'obturateur latéral circulaire est le plus ancien des obturateurs en photographie. Nous possédons un objectif construit en 1839 qui est muni de ce dispositif: la manœuvre s'effectuait à la main. Plus tard, en 1852, Bertsch adapta un

ressort à ces sortes d'instruments et les appliqua aux objectifs des chambres stéréoscopiques; mais il renonça[1] à cet appareil à cause de la trépidation provoquée par le ressort moteur. Quelques années plus tard, Darlot construisit un instrument du même genre[2]. Il se composait d'une monture entrant dans le parasoleil des objectifs (*fig. 119*) et d'une plaque ou disque-obturateur percé d'une ouverture correspondant exactement à celle de l'objectif. La plaque se meut dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif; elle porte un ressort semblable à celui du barillet d'une montre. Ces deux disques marchent en sens contraire, et, comme l'a fait observer Foucault, il

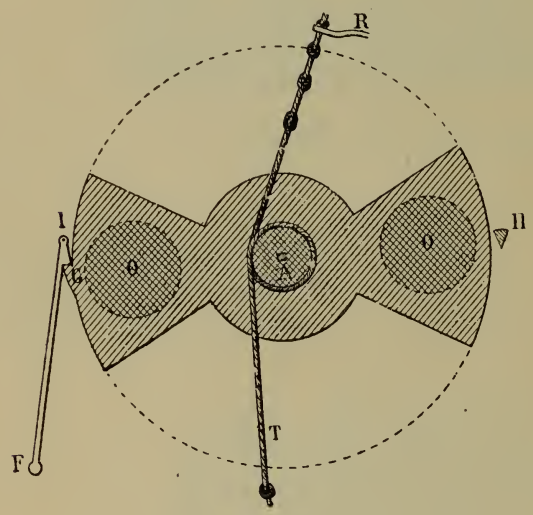



Fig. 120.

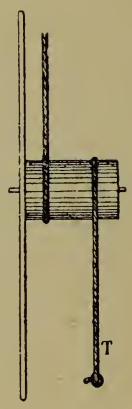



Fig. 121.

peut se faire que la réaction provoquée par le ressort soit nulle à la condition que l'appareil soit bien symétrique et que les deux ressorts échappent au même instant. M. Charlot Brossier[3] a utilisé les mêmes principes dans la construction de son obturateur.

Siedebotham[4] a employé un obturateur formé d'un disque circulaire dans lequel est percé un trou près de la circonférence et correspondant à l'ouverture de la lentille; dans cet appareil, la révolution complète du disque s'effectuait en $\frac{4}{12}$ de seconde.

M. Lecanu[5] se sert d'un disque (*fig. 120*) tournant autour d'un arbre central A, sur lequel s'enroule une corde constamment tendue par un ressort R; cette corde est munie de nœuds qui permettent de tendre plus ou moins le ressort. Une seconde corde T (*fig. 121*), s'enroulant en sens con-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 121.
2. *Ibid.*, 1881, p. 211.
3. *Ibid.*, 1862, p. 121.
4. *Société photographique de Manchester*, 2 décembre 1857.
5. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 73.

traire de la première, permet de faire tourner le disque et de le ramener à son point de départ. Le déclenchement se fait à la circonférence du disque au moyen d'un levier fixé à son extrémité F. Cet obturateur est spécialement destiné aux vues stéréoscopiques. On le met en mouvement en soulevant le levier I; le cran G se trouve libre et va frapper sur l'arrêt H. L'instrument est disposé en avant des objectifs; si on le place près des diaphragmes, on peut en diminuer les dimensions.

Sutton[1] avait autrefois employé un disque analogue que l'on faisait mouvoir à la main.

M. Baillon[2], afin d'éviter l'ébranlement de la chambre noire par l'obturateur, fixe ce dernier appareil sur un pied indépendant, relié à l'objectif par une manche en étoffe imperméable à la lumière. Il emploie un obturateur

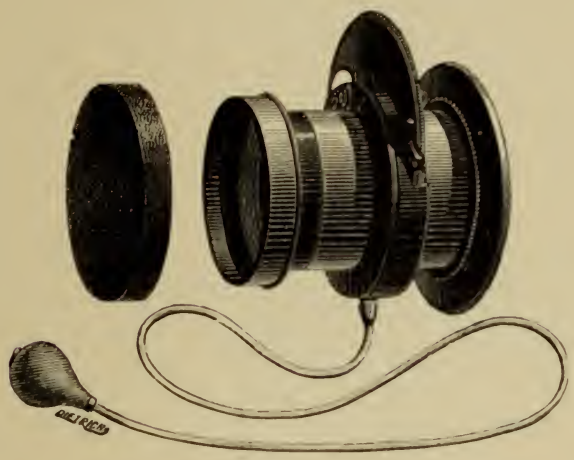


Fig. 122.

circulaire actionné par un caoutchouc auquel on peut donner une tension plus ou moins grande, de façon à déterminer une rotation plus ou moins rapide. Abney avait préconisé ce procédé[3].

M. Braun[4] a réduit considérablement le volume de l'obturateur circulaire. Il se sert d'un disque en acier pivotant sur un axe situé au-dessus du tube de l'objectif; au disque est fixée une petite poulie sur laquelle vient s'enrouler une corde qui peut être tendue plus ou moins par un ressort. M. Bertsch[5] avait employé autrefois un dispositif analogue à celui dont se sert M. Braun, mais il le plaçait sur le parasoleil du tube de l'objectif.

1. Sutton, *Dictionary of Photography*, 1859.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 5 décembre 1880, p. 318.
3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, mai 1880, p. 30.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 209.
5. *Répertoire encyclopédique de photographie*, t. II, p. 143.

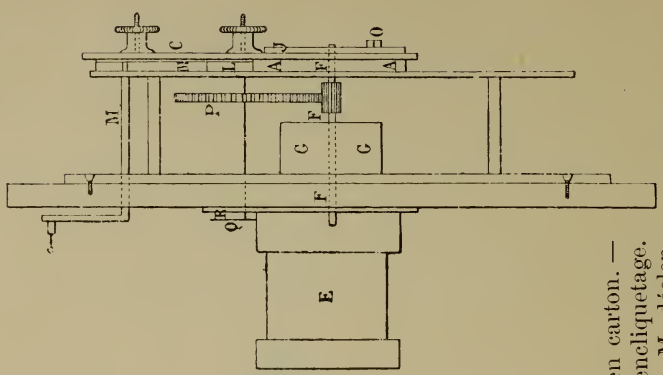



Fig. 125.

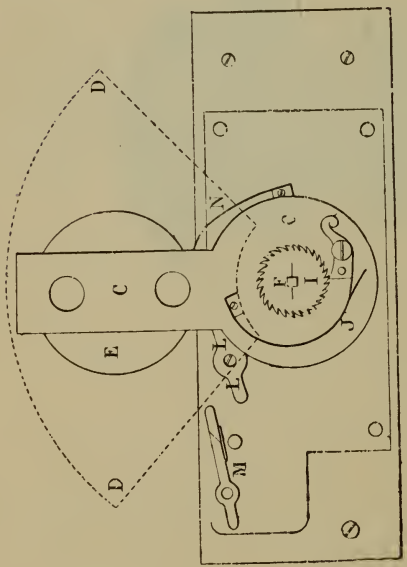



Fig. 124.

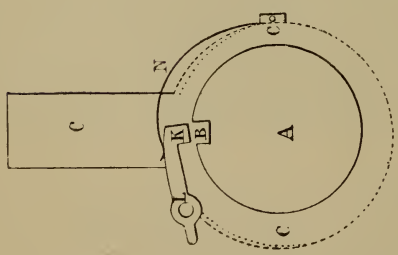



Fig. 123.

LÉGENDE.

A, disque en acier. — B, encoche. — C, porte-secteur. — D, tracé du secteur en carton. — E, objectif. — F, arbre central. — G, barrillet contenant le ressort. — I, roue d'encliquetage. — J, ressort de l'encliquetage. — K, dent d'arrêt. — L, lever de la dent d'arrêt. — M, déclenchement. — N, ressort de la dent d'arrêt. — O, dent d'arrêt de l'encliquetage. — P, roue dentée. — Q, aiguille. — R, cadran.

M. Dubary[1] place l'obturateur dans le plan même des diaphragmes : la lamelle circulaire est mise en mouvement par un ressort d'acier. M. Bolas[2] emploie un obturateur de même genre pour l'objectif de sa « detectiv-ca-

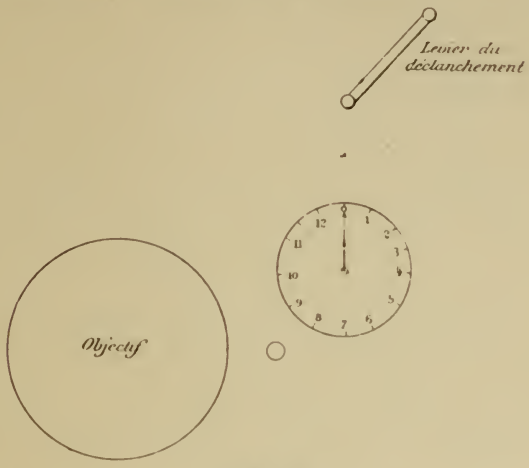



Fig. 126.

mera. » M. Berthiot a adopté ce système pour certains objectifs (*fig. 122*).

M. Londe[3] avait primitivement construit son obturateur circulaire avec un disque d'acier A (*fig. 123* à *125*), muni d'une encoche particulière B; à ce disque était rivée une pièce en cuivre C, destinée à porter les différents secteurs de carton D qui doivent masquer l'objectif E. Le fonctionnement

Fig. 127.

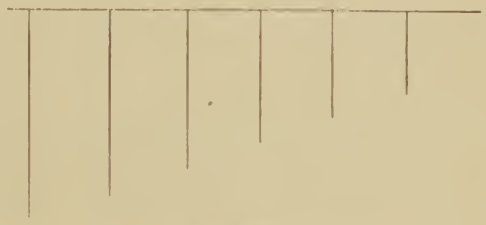


Fig. 128.

des diverses pièces de l'appareil se comprend à la seule inspection de la figure; ces pièces sont indiquées sur les figures.

L'objectif peut être démasqué plus ou moins longtemps, suivant la tension du ressort ou la grandeur des secteurs. Avec le secteur minimum (*fig. 126*) on obtient des temps de pose qui sont entre eux comme les ordonnées représentées suivant la tension donnée au ressort.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 208.
2. *Phot. news*, 1881, p. 231.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1881, p. 184.

Peu de temps après s'être servi de cet appareil, Londe reconnut qu'il y avait lieu de modifier la forme du déclenchement. Il employa un disque d'acier C mu par un ressort et portant une tête B en acier maintenu immobile par la pièce A (*fig. 129*). Dans cette position, on tend le ressort. Si au

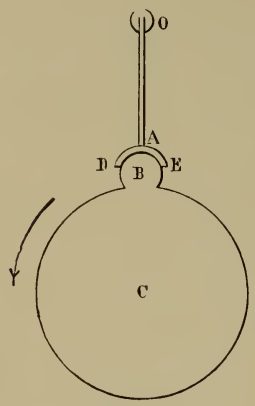



Fig. 129.

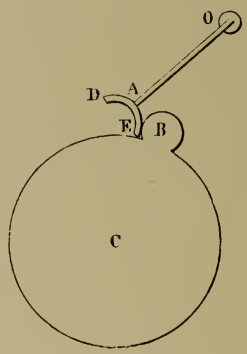



Fig. 130.

moyen du levier O on fait tourner la pièce, on pourra élever assez le cylindre DE, sans que la tête B puisse passer; alors le disque, poussé par le ressort, accomplira sa rotation, et la tête B viendra s'arrêter contre le côté E (*fig. 130*). Ce dispositif empêche le disque de faire plusieurs tours. Pour remettre l'appareil à la position de départ, il suffit d'appuyer sur le

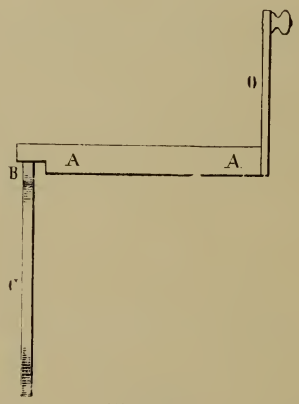



Fig. 131.

levier en sens inverse pour soulever la génératrice E, et la tête revient se placer d'elle-même dans le cylindre (*fig. 131*).

Stein[1] s'est servi l'un des premiers d'un obturateur à disque circulaire.

1. Stein, *Das Licht*, 1877, p. 464.

Dans cet appareil, le mouvement était produit à l'aide d'un ressort, et le déclenchement s'effectuait par l'intermédiaire d'un électro-aimant.

**95. Obturateurs centraux à mouvement rectiligne.** — Dans ces obturateurs, le centre de l'objectif est ouvert le premier et fermé le dernier : la place de tels obturateurs est au centre du diaphragme. Dallmeyer[1] a récemment montré que les conditions à réaliser dans la construction de ces obturateurs sont les mêmes que celles des objectifs à ouverture latérale, à savoir que le temps de pleine pose doit être considérable par rapport au temps d'ouverture et de fermeture : on a ainsi un bon *rendement*.

Calculons la lumière qui traverse une ouverture circulaire placée devant deux lamelles d'abord se rencontrant suivant un diamètre et se séparant

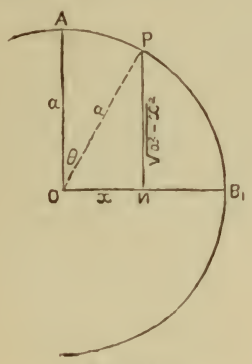



Fig. 132.

avec une vitesse uniforme. Soit A*o*B (*fig. 130*) un quadrant de l'ouverture dont le centre est en *o*, PN le bord de l'obturateur à un instant quelconque; désignons par I la quantité de lumière tombant sur l'unité de surface du plan A*o*B pendant une seconde; représentons par *a* la surface de l'ouverture A*o*NP. La lumière qui tombera sur cette surface pendant une seconde sera I*a*, et pendant un intervalle de temps *dt*, I*adt* ; en désignant par T le temps que l'obturateur met à s'ouvrir, la lumière totale admise par l'obturateur pourra être représentée par

$$\int_0^T \mathrm{I}a\,dt.$$

Remarquons que l'on a

$$a = \mathrm{A}o\mathrm{NP} = \mathrm{A}o\mathrm{P} + o\mathrm{PN},$$

1. *The Engineer*, 19 avril 1889, p. 336, et *The Camera Club*.

et, en désignant par $\theta$ l'angle AoP,

$$a = \frac{1}{2}\theta a^2 + \frac{1}{2} x \sqrt{a^2 - x^2};$$

mais

$$x = vt$$

d'où

$$dt = \frac{dx}{v},$$

et, par suite,

$$\mathfrak{I} = \frac{\mathrm{I}}{2v} \int_{t=0}^{t=\mathrm{T}} \left\{ a^2\theta + x\,(a^2 - x^2)^{\frac{1}{2}} \right\} dx$$

$$= \frac{a^3}{2v}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{2}{3}\right)\mathrm{I} = \frac{0{,}452\, a^3\mathrm{I}}{v}.$$

Si T est le temps du mouvement,

$$v = \frac{a}{\mathrm{T}},$$

et, par conséquent,

$$\mathfrak{I} = 0{,}452\, a^2\mathrm{IT}.$$

Nous pouvons donner deux exemples particuliers qui montrent, d'après cette formule, l'utilité d'une ouverture et d'une fermeture aussi rapides que possible.

1er *Exemple.* — Soit un obturateur fonctionnant pendant $\frac{1}{10^e}$ de seconde; admettons qu'il s'ouvre en $\frac{1}{100^e}$ de seconde, qu'il reste ouvert pendant $\frac{8}{100^e}$ de seconde et qu'il se ferme en $\frac{1}{100^e}$ de seconde. L'éclairement total dans ces diverses phases est, en appliquant la formule précédente :

$$0{,}452\, a^2\mathrm{I} \,.\, \frac{1}{100} + \frac{\pi a^2}{4} \,.\, \mathrm{I} \,.\, \frac{8}{100} + 0{,}452\, a^2\mathrm{I}\, \frac{1}{100} = 0{,}07187\, \mathrm{I}a^2.$$

2e *Exemple.* — Soit un obturateur fonctionnant pendant $\frac{1}{10^e}$ de seconde, mais s'ouvrant en $\frac{1}{20^e}$ de seconde et se fermant en $\frac{1}{20^e}$ de seconde. L'éclairement total sera, d'après la même formule :

$$2\left(0{,}452\, a^2\mathrm{I} \,.\, \frac{1}{20}\right) = 0{,}0452\, a^2\mathrm{I}.$$

Par suite, le rapport de la lumière admise dans le premier cas ou *rendement* à celle admise dans le second sera :

$$\frac{0{,}07187}{0{,}0452};$$

soit, sensiblement.

$$\frac{14}{9}.$$

On voit donc que la forme d'obturateur n'intervient pas seule dans le résultat définitif; il y a à tenir compte du mode de fonctionnement. Le meilleur obturateur photographique est donc celui dans lequel l'ouverture totale de l'objectif employé est utilisée pendant le plus long temps possible par rapport à la durée d'ouverture et de fermeture [1].

Parmi les obturateurs centraux à mouvement rectiligne, l'un des plus employés est l'obturateur de Thury et Amey[2]. Il consiste en

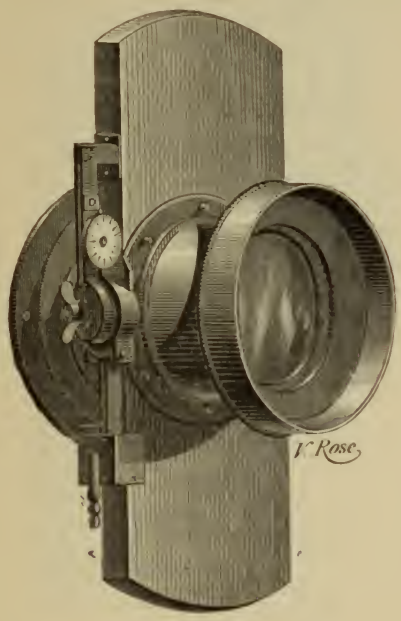



Fig. 133.

deux plaques percées d'un orifice circulaire de diamètre convenable et renfermées dans une boîte placée entre les deux verres de l'objectif (*fig. 133*), se mouvant en sens contraire. Ces deux lames sont entraînées brusquement par le déplacement de deux crémaillères auxquelles elles sont reliées, et qui engrènent avec un pignon denté, monté sur un barillet renfermant un ressort spiral. On peut bander plus ou moins le ressort du barillet et obtenir ainsi des vitesses plus ou moins grandes des plaques obturantes. Le barillet, lorsque le ressort est bandé, se trouve immobilisé par un petit linguet qui s'engage

1. Voyez *The Nature*, 3 février 1887.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 203.

dans un des cinq crans d'une petite roue à rochet, fixée sur l'axe de rotation. On provoque la mise en marche de l'appareil en soulevant légèrement ce linguet; on y parvient soit par la pression du doigt, soit par le déplacement d'une membrane élastique poussée par l'action d'une poire en caoutchouc.

On peut bander le ressort autant qu'il est possible et modifier la

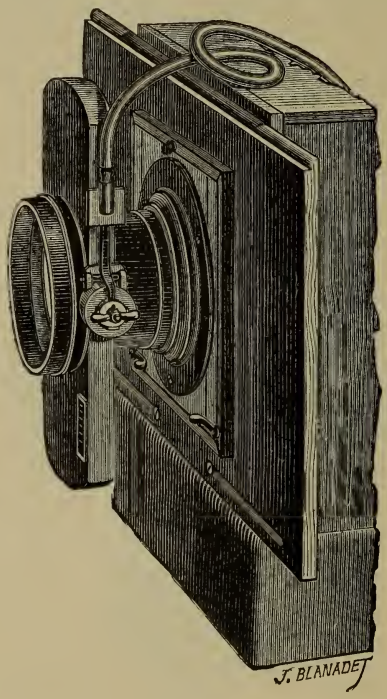



Fig. 134.

vitesse de l'instrument à l'aide d'un frein qui, par sa pression plus ou moins grande, ralentit la vitesse de la roue à laquelle est fixé le pignon des crémaillères.

Comme l'a fait observer M. le colonel Sebert, l'obturateur Thury et Amey fait l'effet d'un diaphragme dont l'ouverture est à chaque instant variable. Dès le début, aussitôt que l'objectif commence à être démasqué, l'ouverture se faisant au centre, l'image est complètement formée, mais elle est très peu éclairée. L'éclairement de l'image devient maximum lorsque les orifices des deux volets se superposent exactement, puis il décroît plus rapidement, le mouvement des volets étant un mouvement accéléré.

L'étude d'un de ces obturateurs (modèle 1882) (*fig. 134*), faite par M. le colonel Sebert[1], lui a montré que le temps qui sépare l'instant où l'opérateur met en marche l'appareil de celui où la pose commence réellement n'atteint jamais 0s,01. La durée totale de la pose était de

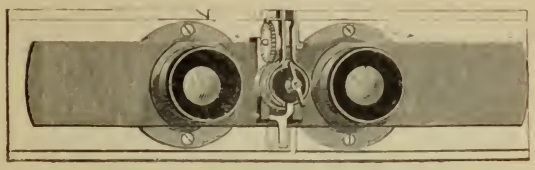


Fig. 135.

0s,0125 à 0s,0084, suivant la tension du ressort; la durée du temps de pose à *pleine ouverture* variait de 0s,0046 à 0s,0035.

On pourrait, donnant aux volets une ouverture de forme plus allongée, faire décroître l'écart relatif qui existe entre le temps de pose et la durée de l'impression photographique.

MM. Thury et Amey construisent des obturateurs spéciaux pour les chambres noires stéréoscopiques (*fig. 135*).

Au lieu d'employer une crémaillère pour faire mouvoir les deux

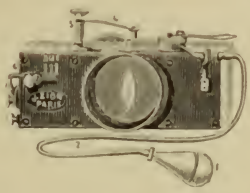


Fig. 136.

lames de l'obturateur, M. Zion actionne l'une d'elles par un ressort à boudin dont il peut modifier la tension : les deux lames sont reliées l'une à l'autre à l'aide d'un cordon fort solide. Cet obturateur (*fig. 136*) se place entre les deux lentilles, dans le plan du diaphragme.

MM. Stebbing et Colin[2] avaient construit des obturateurs centraux à deux lamelles dont les ouvertures étaient rectangulaires.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 166.
2. Van Monckhoven, *Traité général de photographie*, 1865, 5e édition, p. 144.

M. Français (*fig. 137*), M. Steinheil (*fig. 138*) construisirent des obturateurs semblables au précédent.

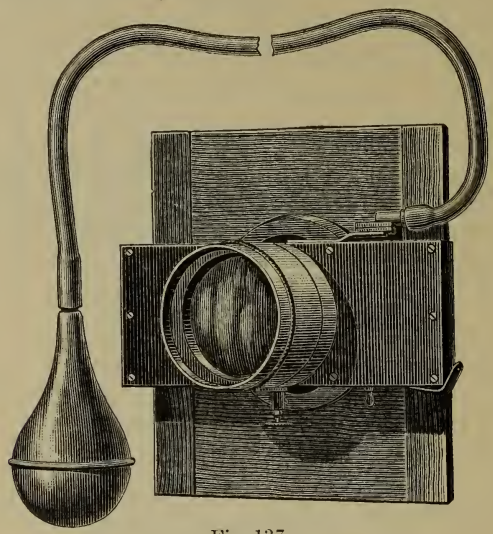


Fig. 137.

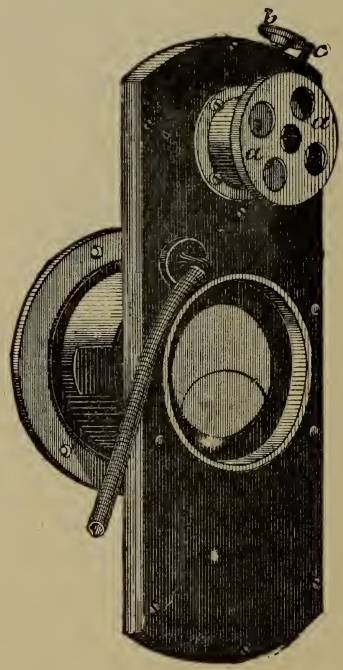



Fig. 138.

**96. Autres obturateurs centraux.** — Un des premiers obturateurs centraux a été employé par Mann (brevet anglais du 3 avril 1862) et con-

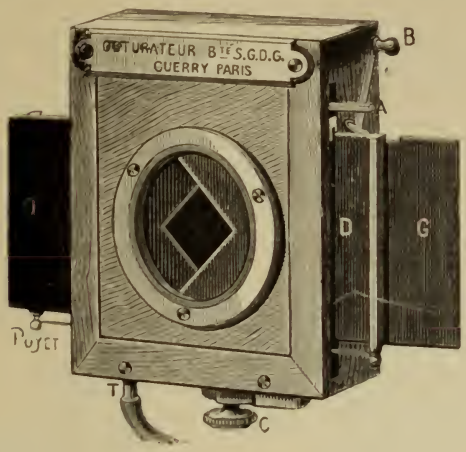



Fig. 139.

sistait en deux lames légères, percées d'ouvertures carrées se mouvant en sens inverse à l'avant de l'objectif. Hockin[1] avait employé un dispositif analogue, les deux planchettes étant mises en mouvement par l'intermé-

Fig. 140.

diaire d'une roue actionnée par un ressort. Noton[2] a repris la construction de cet appareil et l'a perfectionné : chacune des lames obturantes est fixée à une bielle qui reçoit son mouvement d'un même ressort.

1. *Kreutzer's Zeitsch. f. Phot.*, 1862, p. 71.
2. *Phot. News*, 1879, p. 567.

M. Contadzian [1] s'est servi d'un obturateur système Mann, dont les lamelles étaient en carton.

M. Guerry avait repris la construction de l'obturateur primitif de Mann et avait donné à cet appareil la forme représentée par la figure 139. L'instrument se composait de deux lames d'acier, percées d'ouvertures rectangulaires, se mouvant en sens inverse et actionnées par un fort ressort. Le déclenchement pneumatique s'effectuait par un tuyau T et un levier placé

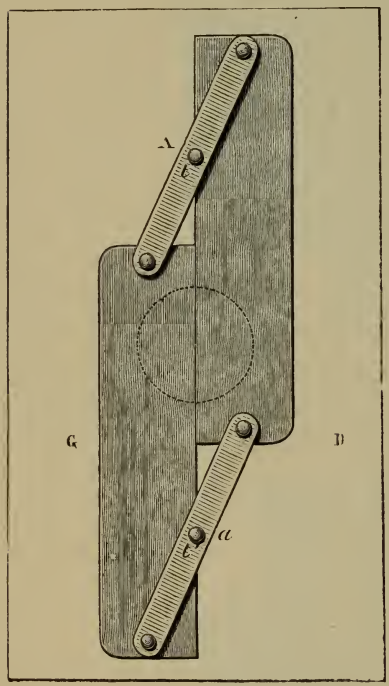



Fig. 141.

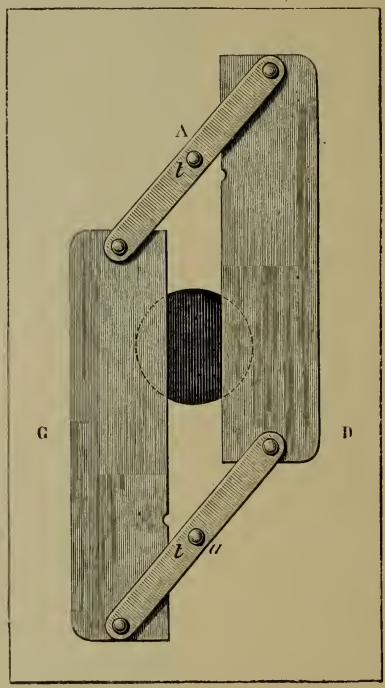



Fig. 142.

en A ; un bouton C permettait de faire varier la tension du ressort. Pour les épreuves qui demandaient un temps de pose relativement long, les volets étaient arrêtés par un levier B (*fig. 140*). Un rideau V s'ouvrait par la pression d'une poire pneumatique et se refermait aussitôt que l'on cessait cette pression.

M. Calame [2], après Penny, emploie deux palettes en bois dur, solidaires l'une de l'autre : elles sont reliées par deux tiges de métal, de telle façon que l'ensemble représente un parallélogramme articulé (*fig. 141, 142, 143*). L'un des axes A du parallélogramme articulé est surmonté d'une poulie commu-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 40.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 210, et *Phot. News*, 5, 321.

niquant avec un ressort. Lorsque l'obturateur est complètement ouvert, la traction du ressort opérant sur la poulie continue à faire descendre la valve de droite et monter celle de gauche, de manière à placer les lames comme le représente la figure 142, mais en sens inverse. La traction du ressort fait remonter à gauche la valve gauche et rabaisser à droite la valve droite ; on obtient alors une disposition inverse de celle représentée par la figure 141.

M. Dallmeyer, se basant sur la théorie que nous avons indiquée (voir n° 95), a adopté la forme d'obturateur s'ouvrant et se fermant

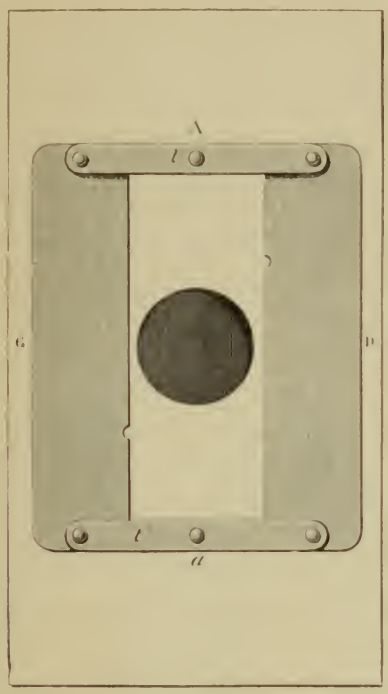



Fig. 143.

par le centre. Les deux volets sont faits de feuille d'ébonite (*fig. 144*); une tige A, sous l'influence du ressort de l'obturateur, se meut dans une rainure circulaire CB; il lui suffit de parcourir l'intervalle BA pour que l'obturateur soit complètement ouvert; il faut ensuite qu'elle parcoure le restant de la rainure CB avant de refermer l'obturateur par un mouvement inverse. Tout l'instrument est contenu dans une boîte métallique légère et facilement transportable (*fig. 145*).

**97. Obturateurs centraux à mouvements circulaires.** — Un des meilleurs systèmes d'obturateur central est celui dont la

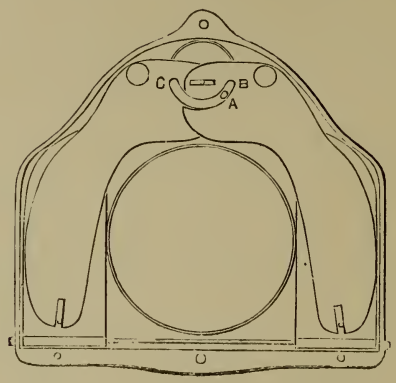



Fig. 144.

construction est basée sur le principe du diaphragme iris (voir p. 158). M. Dallmeyer et M. Beauchamp ont imaginé un mécanisme qui permet d'ouvrir et fermer l'iris diaphragme très rapidement, eu égard à

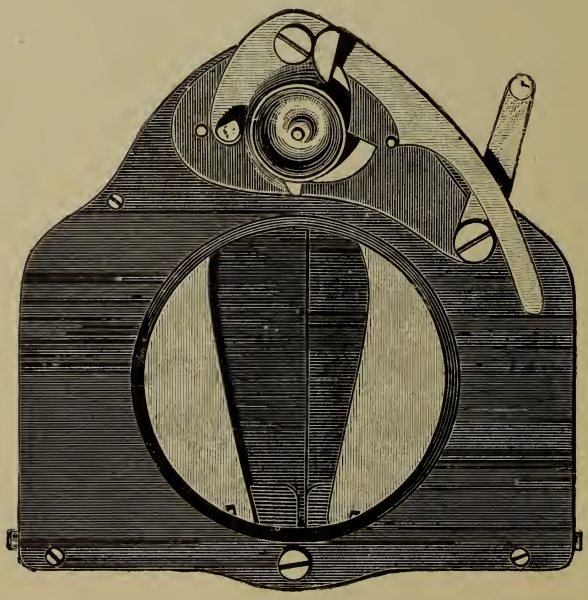


Fig. 145.

la durée du temps de pose. Le mécanisme de l'appareil est analogue à celui de l'obturateur à deux volets : les diverses lamelles de l'iris

diaphragme sont actionnées par un levier portant une tige qui glisse dans une rainure semi-circulaire (*fig. 146*). Ce levier est relié à un fort ressort d'horlogerie que l'on peut tendre à divers degrés. Des poses de durées variables sont d'ailleurs obtenues en limitant plus ou moins la course de la tige du levier : on peut aussi maintenir l'obtura-

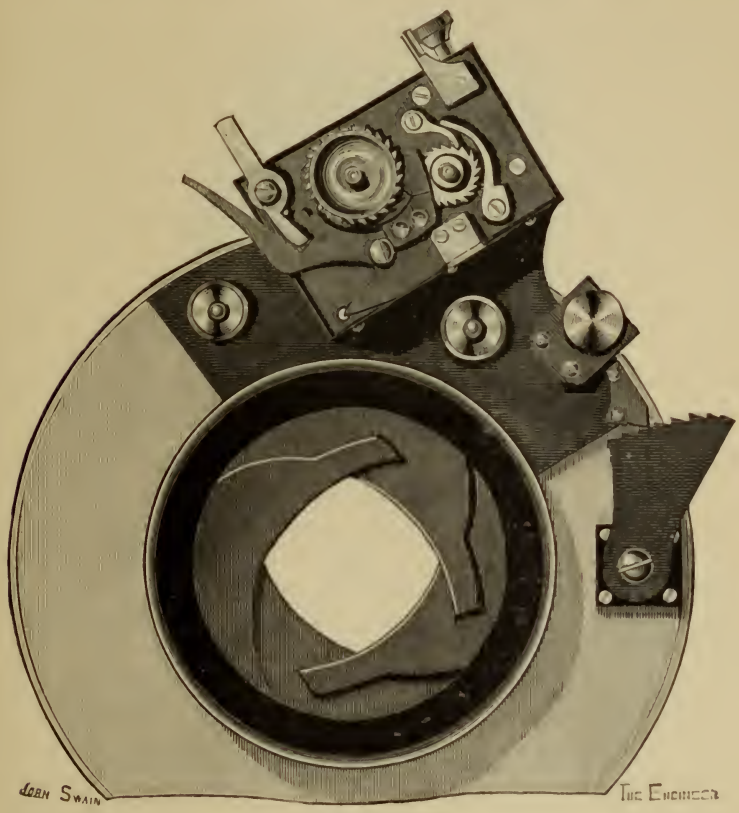



Fig. 146.

teur ouvert soit pour la mise au point, soit pour faire fonctionner l'appareil comme obturateur à pose [1].

M. Martinet construit un obturateur composé de quatre lamelles fonctionnant comme dans l'iris diaphragme (*fig. 147*). Cet instrument permet de réaliser un très grand nombre de temps de pose.

1. *The Camera Club*, avril 1889, p. 95.

Parmi les autres obturateurs basés sur le principe de l'iris diaphragme, nous devons citer celui de M. Lutken[1]. Il se compose de quatre disques dont les axes et le point de rotation se trouvent dans les quatre angles d'un carré (*fig. 148*). Les disques sont réunis par quatre barres conductrices (*fig. 149*). Le ressort moteur consiste en une corde en caoutchouc fixée à deux des disques en *a* et *f* (*fig. 149*) glissant sur de petits galets *b, c, d, e*; cette corde peut être tendue plus ou moins en tournant une vis.

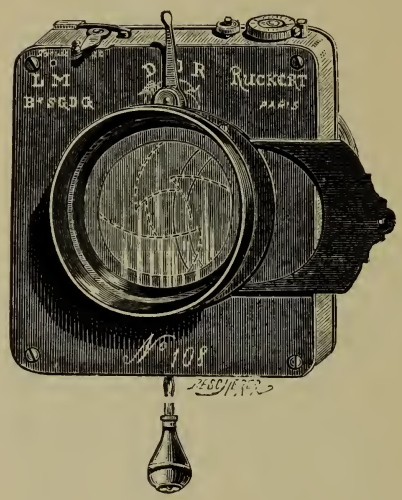



Fig. 147.

La figure 149 montre la position des disques quand l'obturateur est fermé, la figure 150, quand il est ouvert pour la mise au point, et la figure 151 quand il est fermé après l'exposition.

L'instrument se place entre les deux lentilles de l'objectif (*fig. 152*). On peut avoir des lamelles dont les ouvertures ont la forme représentée par la figure 151 ou bien la forme des figures 153 ou 154, suivant les temps de pose que l'on veut employer. Diverses encoches tracées sur le pourtour des lamelles permettent soit d'armer l'obturateur, soit d'empêcher le rebondissement des lamelles après la pose.

Salvin a fait connaître un obturateur du même genre[2].

M. Gilon a récemment établi un obturateur ne comprenant que trois lamelles se plaçant dans le plan du diaphragme. La construction de cet obturateur est basée sur le principe de l'iris diaphragme dont les palettes sont reliées par des tiges articulées.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 208.
2. Dr Eder, *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I, p. 344.

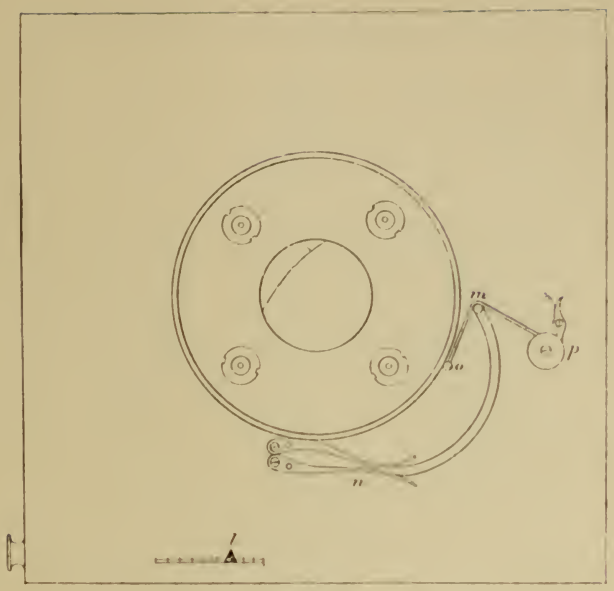



Fig. 148.

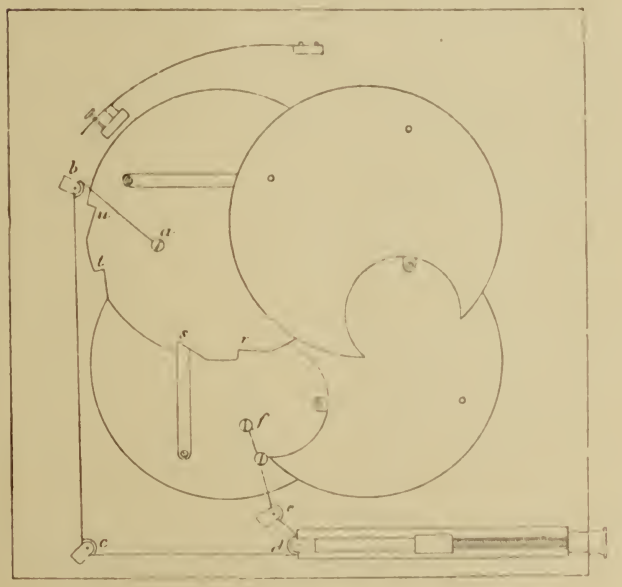



Fig. 149.

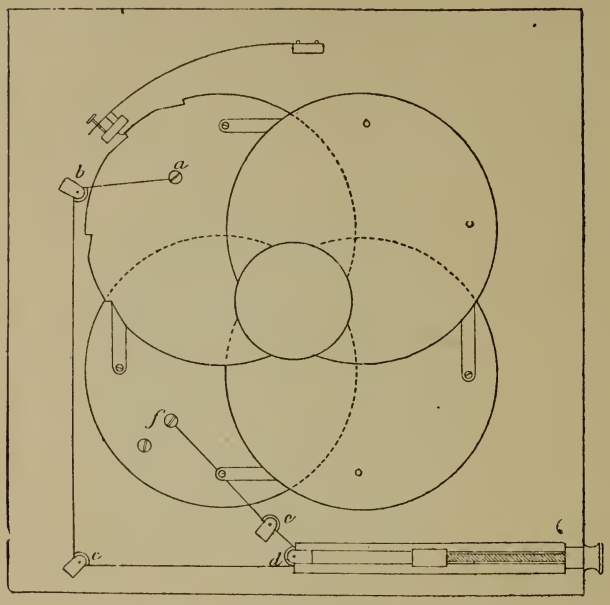



Fig. 150.

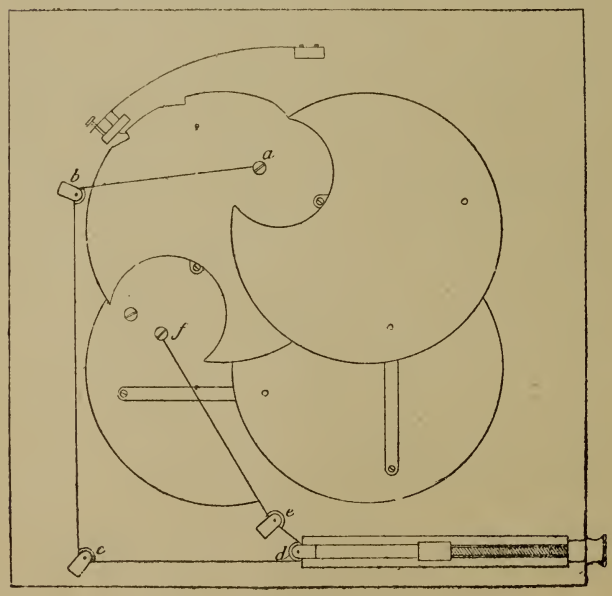



Fig. 151.

Les instruments fondés sur l'emploi de deux disques sont fort nombreux; nous citerons parmi les principaux celui de M. Boca[1]. Il

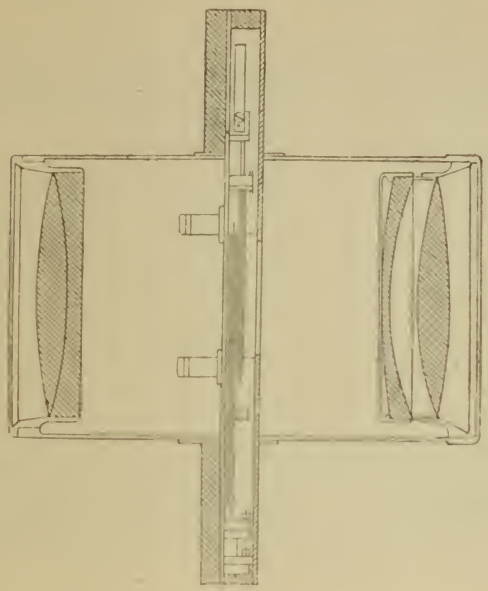


Fig. 152.

se compose essentiellement (*fig.* 153) d'un disque d'ouverture A et d'un disque de fermeture B. Une lame d'acier très flexible R est disposée pour recevoir sans choc le volet d'ouverture et le maintenir

Fig. 153.

Fig. 154.

sans retour possible. Un système de leviers C, en forme de V, assure le départ simultané du chronomètre et du volet d'ouverture : le mou-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1881, p. 298.

vement de recul de ce levier est empêché par la platine de déclenchement D. Pour armer ce volet, on emploie un bras G (*fig. 156*) fixé sur l'axe de rotation du volet ; quant au volet de fermeture, il est main-

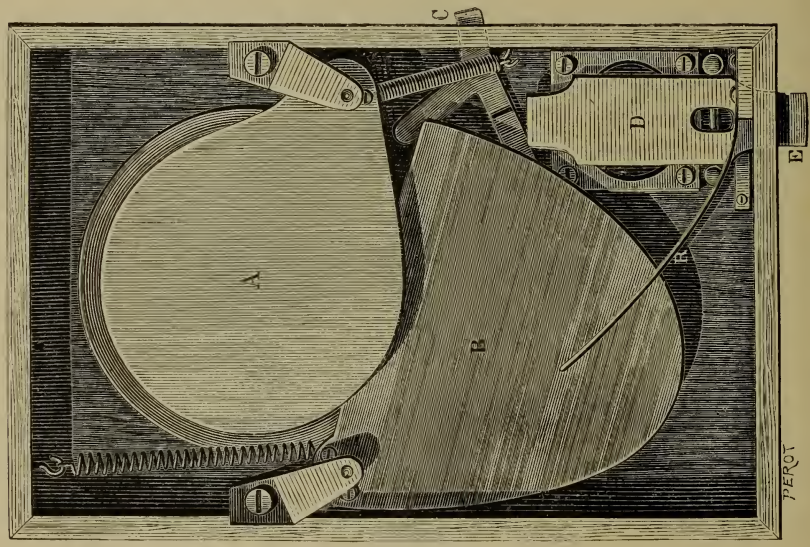



Fig. 155.

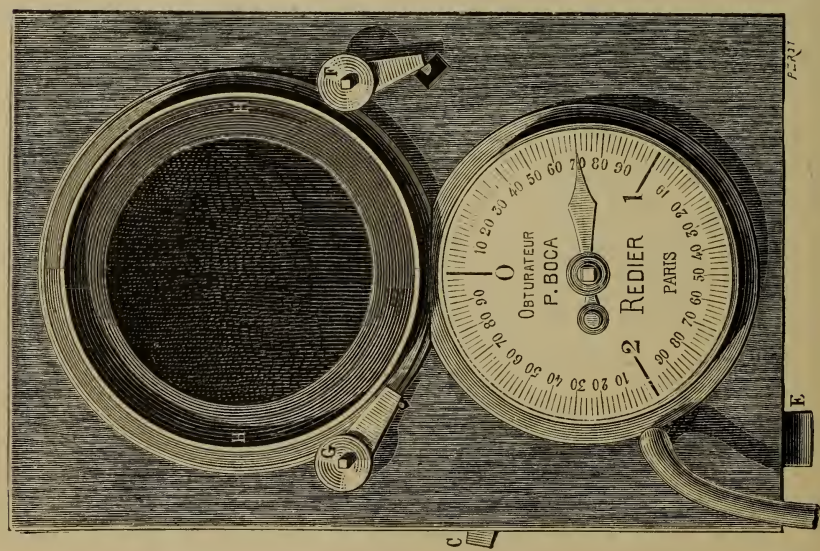



Fig. 156.

tenu en place le temps nécessaire par un bras F ; le disque sur lequel se fixent les rondelles d'objectifs est en H.

Tout le mécanisme qui compose cet appareil est contenu dans une petite boîte en bois, ne laissant pénétrer le jour par aucun point. Un chronomètre permet de régler le temps qui s'écoule entre l'ouverture et la fermeture de cet obturateur. L'échappement du chronomètre est à vibrations rapides (l'ancre fait cent cinquante vibrations par seconde), ce qui permet au rouage d'acquérir dès le premier moment la vitesse qu'il aura dans tout son parcours.

Le mouvement du chronomètre est disposé pour que l'aiguille puisse faire (à peu de chose près) deux tours du cadran, ce qui porte à plus de 5'5, la limite extrême du temps de fonctionnement de l'appareil.

Les deux disques d'ouverture et de fermeture sont en aluminium. Celui d'ouverture est constamment sollicité par un ressort à boudin qui tend à lui faire démasquer l'ouverture ; le volet de fermeture obéit à un ressort qui tend à lui faire prendre la place du disque d'ouverture ; un butoir limite la course de ce volet.

Le déclenchement se fait soit au moyen d'un bouton de détente, soit sous l'action d'une poire pneumatique.

Pour faire fonctionner l'appareil, il faut déplacer le butoir gauche de gauche à droite, faire marquer par l'aiguille la vitesse que l'on veut donner à l'obturateur, armer le volet d'ouverture et celui de fermeture qui seront maintenus par leurs butoirs respectifs ; on appuie soit sur le bouton de détente, soit sur la poire en caoutchouc au moment convenable.

M. Montefiore-Lévy[1] a l'un des premiers employé un obturateur instantané à deux disques tournants. Il a modifié en 1880[2] cet appareil qui est basé sur le mouvement simultané en sens contraire de deux disques, ce qui a pour résultat de réduire le temps de fonctionnement à la moitié de ce qu'il serait avec un seul disque animé de la même vitesse. L'ouverture des volets est circulaire ; ils sont mis en mouvement par l'action de fils de soie munis d'un poids ; ces fils s'enroulent en sens inverse sur les volets et les font tourner lorsqu'il s'agit d'opérer. M. Bedford[3] a repris la construction de cet obturateur et l'a légèrement simplifiée en employant un seul poids moteur.

1. *Société photographique de Londres*, 1852.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1879-80, p. 480.
3. *Phot. News*, 1879, p. 87.

ce qui assure la rencontre des deux disques suivant l'axe de l'objectif. Jackson[1] se sert de deux disques d'ébonite actionnés par une très forte bande de caoutchouc. Pizzighelli emploie[2] deux disques mobiles autour d'un point fixe, qui viennent recouvrir la surface de l'objectif. Ces disques sont mis en mouvement à l'aide de deux excentriques actionnés par une boîte à air, excentriques qui font tourner très rapidement et en sens inverse les deux lamelles.

C'est aussi sur les mêmes principes que sont basés la construction

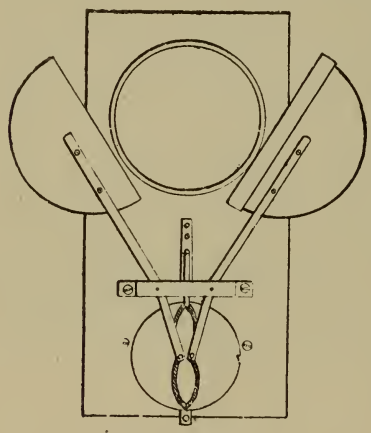


Fig. 157.

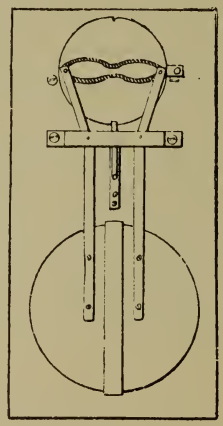


Fig. 158.

des obturateurs de M. Conti[3] et de M. Guilbert : l'emploi de ce dernier instrument est assez répandu.

Zschokke se sert d'un obturateur à deux lamelles reliées à deux tiges mobiles autour de deux points fixes; un fort ressort situé à l'extrémité des tiges fait d'abord ouvrir les deux lamelles *(fig. 157, 158)* qui, sous l'action du même ressort, se referment ensuite brusquement.

**98. Obturateurs à volet.** — L'obturateur à volet est l'un des instruments dont l'emploi a été recommandé depuis de longues années dans le but d'obtenir des ciels dans le paysage. M. Read[4] s'est servi d'un léger volet susceptible de pivoter autour d'un axe horizon-

1. *Year-Book of photography*, 1881, p. 171.
2. *Phot. Correspondenz.*, 1881, p. 177.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 321.
4. *The Liverpool and Manchester photographic journal*, 1858.

tal. Le volet n'était pas placé perpendiculairement à l'axe de la lentille, il était disposé sous un certain angle par rapport à celui-ci; il permettait de donner plus de pose aux premiers plans. Ce dispositif a été depuis lors employé par bien des constructeurs; dans ces dernières années il a été repris par Cadett[1] qui l'a rendu tout à fait pratique. L'instrument se compose d'une petite boîte en acajou qu'on fixe sur l'objectif au moyen d'un collier en caoutchouc. A cette boîte est fixée une feuille légère de carton recouverte de drap qui s'applique sur l'ouverture de l'objectif: de la petite boîte part un long tube en caout-

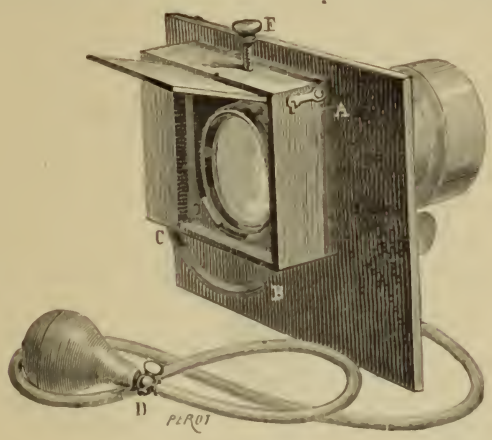



Fig. 159.

chouc qui se termine par une poire de même substance. Quand on presse la poire en caoutchouc, l'air refoulé vient agir dans la boîte sur un levier et l'obturateur se soulève. Il suffit de faire cesser la compression de la poire pour que l'effet contraire se produise et que l'objectif soit fermé.

M. Guerry[2] a modifié cet instrument. Il le place à l'arrière de l'objectif, dans la chambre noire, de telle sorte que le modèle ne puisse l'apercevoir: ce dispositif est avantageux pour l'obtention des portraits *(fig. 159.)*

Avec l'obturateur à volet on peut obtenir des temps de pose très courts et aussi lents que peut le désirer l'opérateur. Cet instrument est à peu près généralement employé par les photographes portraitistes, qui le placent quelquefois à l'avant *(fig. 160)* de l'objectif.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1878, p. 153.
2. *Ibid.*, 1880, p. 39.

**99. Obturateurs à plusieurs volets.** — Au lieu d'un seul volet pour ouvrir et fermer l'objectif on peut en employer deux ou plusieurs, l'un des volets servant à l'ouverture, l'autre à la fermeture de l'appareil.

Skaife[1] a employé ce dispositif pour les chambres destinées aux vues stéréoscopiques. A chaque objectif correspond un volet double, s'ouvrant par le milieu, et dont chaque ventail roule sur des gonds placés aux côtés de l'objectif; ces deux gonds se prolongent hors de la chambre noire par une tige fixée elle-même dans une petite bobine extérieure en bois. Autour des quatre bobines ainsi saillantes s'enroule un fil de caoutchouc qu'il suffit de

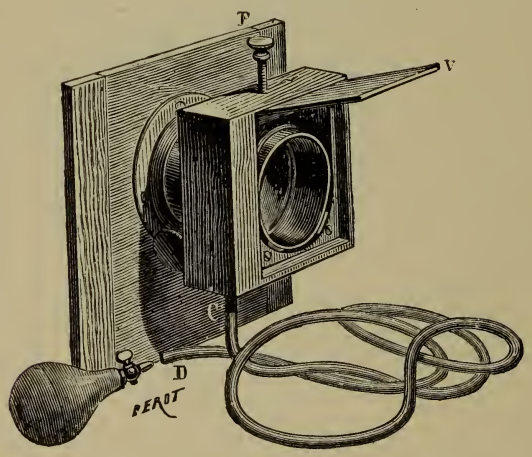



Fig. 160.

saisir en son milieu pour que les bobines se mettent en mouvement; les volets s'ouvrent et tournent sur leurs gonds. Le temps d'ouverture dépend du temps pendant lequel on tire le fil.

M. Jubert[2] emploie un obturateur formé de deux volets se plaçant devant l'objectif comme un obturateur ordinaire ; il se compose d'une petite planchette percée au centre d'une ouverture égale à celle du parasoleil et dont la face extérieure est dans le plan de sa tranche extérieure. Une lame de carton carrée ferme cette ouverture et peut la découvrir en tournant autour de son côté inférieur, faisant charnière; un autre carton est pendant ce temps relevé et peut se rabattre devant l'ouverture ayant alors sa charnière à la partie supérieure. Les côtés libres des deux cartons sont reliés par un mince cordonnet de soie dont on peut faire varier la longueur. Lorsque l'appareil est prêt à fonctionner, la lame de carton inférieure est relevée devant l'ou-

1. *British journal of photography* 1857 et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858, p. 20.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1880, p. 135.

verture et maintenue par une détente très sensible; le carton supérieur est relevé verticalement, ou du moins légèrement penché en arrière. Si on lâche la détente, le carton inférieur décrit un arc de cercle, découvre l'objectif, et le fil se trouvant tendu entraîne le carton supérieur qui vient fermer l'objectif; en raccourcissant le fil de soie, le carton inférieur entraîne plus tôt le carton supérieur, et le temps de pose est diminué.

M. Audra[1] a apporté quelques modifications à l'appareil précédent. Son obturateur se compose de deux volets reliés l'un à l'autre, soit par des fils, soit par tout autre moyen, de façon que la rotation du volet supérieur autour de son axe commande une rotation identique du volet inférieur autour du sien. Il en résulte que si on relève vivement le volet supérieur, le volet inférieur vient prendre sa place et fermer l'objectif au moment même où le

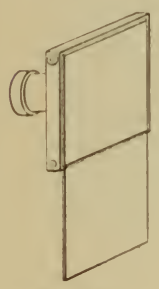


Fig. 161.

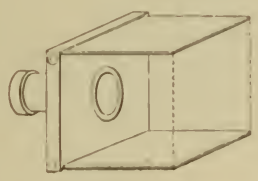


Fig. 162.

Fig. 163.

choc se produit *(fig. 161, 162, 163)*. La pose a lieu pendant le court espace de temps que le volet inférieur a mis à se substituer au volet supérieur.

M. Chéron[2] se sert de deux volets à mouvements contrariés : celui d'avant ouvre l'objectif, celui d'arrière repose à l'intérieur sur la base de la chambre noire; les deux volets sont reliés par un fil. Quand on fait agir la détente (poire en caoutchouc analogue à celle de l'obturateur Cadett), le volet antérieur se relève et découvre l'objectif; le volet postérieur se relève aussi et vient le masquer. En réglant la longueur du fil qui rend ces mouvements simultanés, on obtient une pose plus ou moins rapide.

L'obturateur construit par M. Guerry est basé sur les principes indiqués par M. Jubert et par M. Audra. Cet instrument fonctionne de trois façons différentes : on peut l'employer soit avec les deux volets pour les poses très courtes, et il fonctionne alors comme l'obtu-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1880, p. 291.
2. *Ibid.*, 1881, p. 42.

rateur de M. Audra ; pour les poses très prolongées on l'emploie avec un seul volet *(fig. 164)*, et l'on a alors l'obturateur système Cadett ; enfin, s'il s'agit de donner une exposition plus longue pour les premiers plans que pour les ciels, on peut régler la marche des deux volets. Cet obturateur est actionné par un déclenchement pneumatique. Pour obtenir une rapidité plus grande dans le déclenchement,

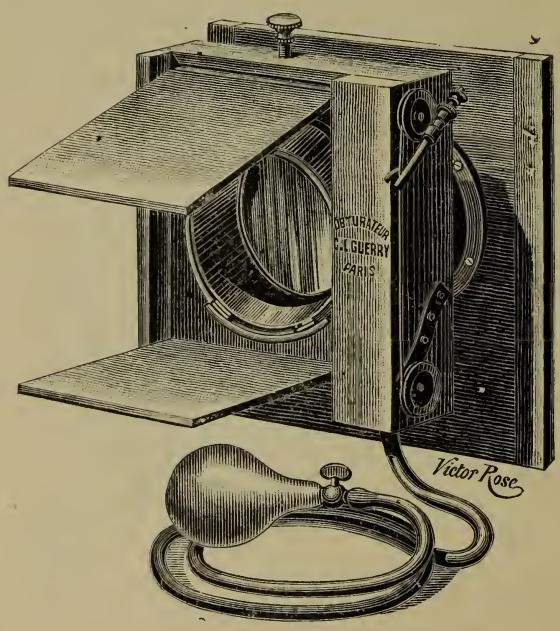



Fig. 164.

on peut frapper légèrement avec l'index sur la poire en caoutchouc, au lieu de presser celle-ci.

Les modèles de cet obturateur, récemment construits[1], se placent sur le tube même de l'objectif en dévissant le parasoleil de ce dernier : ils permettent d'éviter toute introduction de lumière par les bords de la monture ; enfin, par suite de la diminution de leur volume, ils permettent d'opérer plus rapidement qu'avec les anciens appareils.

L'obturateur à volets de M. Boca[2] présente certaines dispositions analogues à celles réalisées dans l'obturateur de Skaife. L'appareil se compose

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 147.
2. *Ibid.*, 1881, p. 69.

d'une boîte de forme rectangulaire s'adaptant au moyen d'une partie saillante et d'une vis sur la planchette mobile de la chambre noire. Cette boîte présente une ouverture circulaire en regard de l'objectif. Deux volets sup-

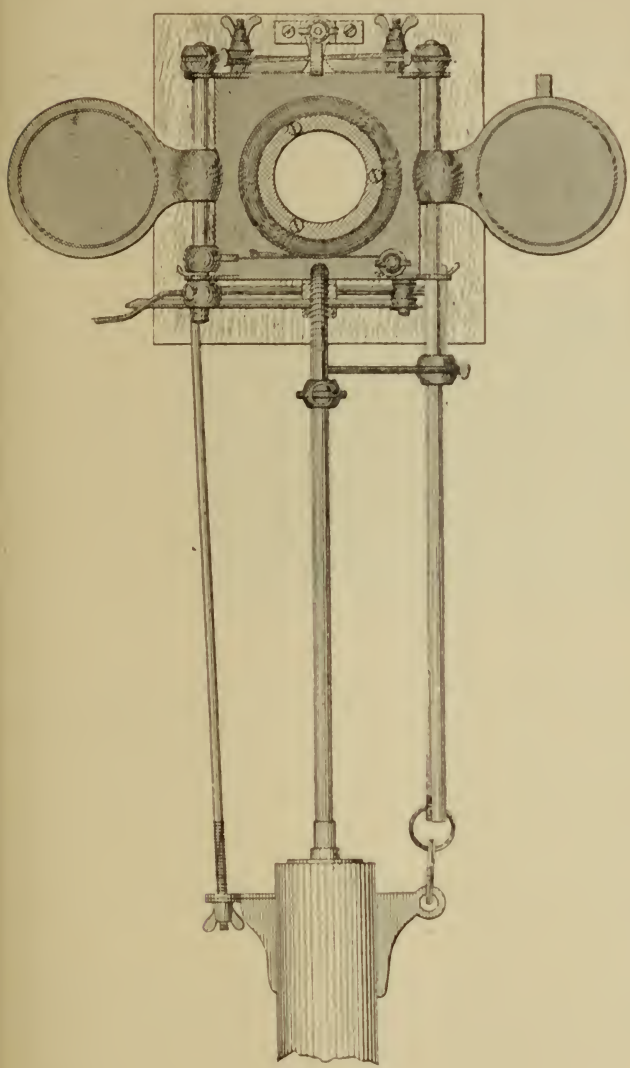


Fig. 165.

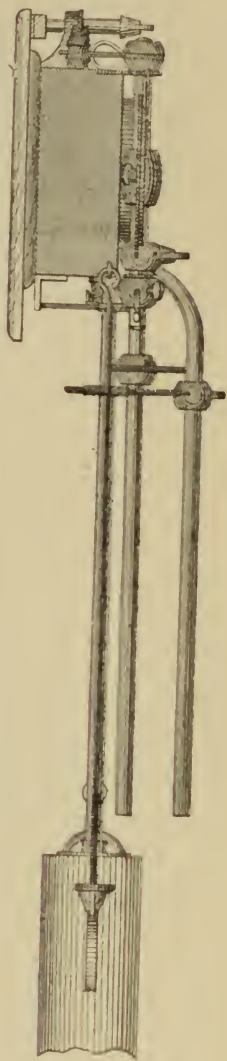


Fig. 166.

portés par des axes verticaux à droite et à gauche de la boîte, ayant des mouvements indépendants, peuvent s'appliquer sur l'ouverture et faire ainsi fonction d'obturateur. Au moment où commence une opération, le volet de

gauche est fermé; il s'ouvre *(fig. 165, 166)*, donne passage à la lumière, et le volet de droite, en se refermant, termine l'opération. Ces mouvements d'ouverture et de fermeture sont obtenus au moyens de ressorts agissant sur les axes des volets et pouvant se régler au moyen de vis de rappel. Le volet de gauche demande toujours à s'ouvrir, celui de droite à se fermer.

**100. Obturateurs divers.** — M. de la Beaume Pluvinel[1], dans le but de réaliser un obturateur aussi peu volumineux que possible, a imaginé un obturateur à valve. Dans cet instrument, la lamelle obturatrice *(fig. 167)* pivote sur elle-même entre les deux lentilles et fonctionne sans sortir du tube de l'objectif. On place l'obturateur dans la fente qui sert à loger les diaphragmes, fente que l'on a élargie convenablement. Si l'on fait tourner la valve à l'aide

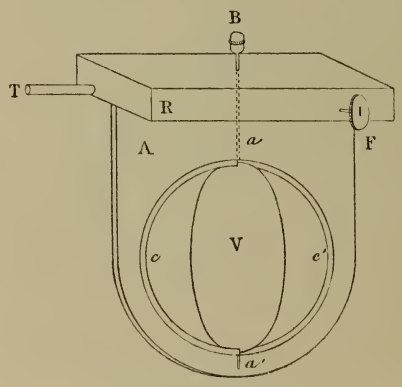



Fig. 167.

du bouton B qui se trouve à l'extrémité de la tige *a*, la valve ne s'appliquera plus contre l'anneau *cc'*, la lumière pénètre dans l'appareil par deux segments de cercle dont la surface augmente de plus en plus. Lorsque l'on aura tourné de 90°, le plan de la valve sera parallèle à la direction des rayons lumineux et l'objectif sera entièrement découvert à l'exception du diamètre correspondant à l'axe de rotation de la valve, qui, le mouvement se continuant, passera par des positions inverses des précédentes jusqu'à la fermeture de l'obturateur. Il y a par l'emploi de cet obturateur une très faible perte de lumière provenant de ce que l'axe de rotation arrête une partie des rayons lumineux qui traversent l'objectif.

Il est à remarquer que par l'emploi de cet obturateur les rayons marginaux agissent plus longtemps que les rayons centraux, ce qui ne présente pas d'inconvénients avec les objectifs aplanétiques. Quand on se sert de cet instrument pour photographier des objets inégalement éloignés, les parties qui ne sont pas au point et qui

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 203.

devraient être flous sont dédoublées, et les deux images sont d'autant plus espacées que le défaut de mise au point est plus considérable. Ceci tient à ce que les cercles de confusion sont, avec l'obturateur à valve, moins éclairés au centre que sur les bords ; par suite, il est facile de voir qu'une ligne brillante dont l'image n'est pas exactement au point sera représentée par deux lignes brillantes réunies par un espace flou C (*fig. 168*). Avec un obturateur à ouverture centrale la même ligne serait reproduite par une ligne brillante estompée B, parce que les rayons centraux posent plus longtemps que les rayons marginaux, tandis qu'avec l'obturateur à guillotine, dont le mouvement serait uniforme, la ligne serait reproduite comme

Fig. 168.

en A, parce que chaque rayon serait admis dans l'appareil pendant le même espace de temps.

M. le Dr Candèze[1] a employé un obturateur fonctionnant à la manière d'un robinet. Il place l'axe de rotation au centre même de l'objectif et entre les deux lentilles ; l'ouverture obtenue par ce dispositif est relativement grande, tout en conservant au tambour mobile un diamètre assez petit pour qu'il puisse exécuter une demi-révolution en un temps fort court. La révolution de ce tambour est actionnée par un ressort disposé en spirale. La forme classique du tube en cuivre qui porte les lentilles et le diaphragme a été changée afin de pouvoir profiter, pour la double fenêtre donnant passage à l'image, de toute la grandeur des lentilles. Le mouvement de ces fenêtres se faisant en sens inverse, la rapidité de leur croisement est doublée.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 177.

M. David [1] a employé un obturateur qui présente une grande ressemblance avec celui que nous venons de décrire. Un autre modèle, dû à cet ingénieux praticien, présente la combinaison de l'obturateur à guillotine et de l'obturateur à volet [2]. Le déclenchement de la guillotine fait ouvrir le volet pendant qu'elle tombe, ce qui permet de donner plus de pose aux premiers plans.

M. Mendozza [3] construit un obturateur assez semblable à celui de M. David. Il se fixe sur le parasoleil de l'objectif au moyen d'une vis de pression (*fig. 169*). Quand on veut s'en servir, on relève un volet

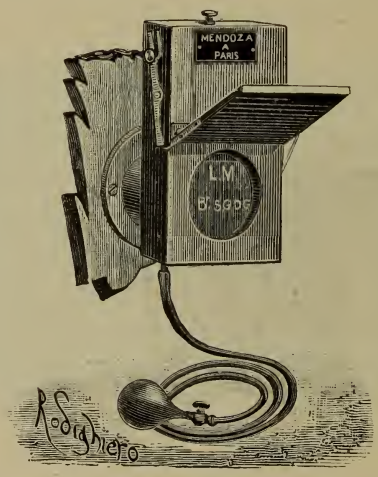



Fig. 169.

qui s'ouvre de bas en haut et derrière lequel on aperçoit l'ouverture par laquelle doit passer la lumière, fermée par une sorte de guillotine pouvant se mouvoir à coulisse de bas en haut pour s'ouvrir, et de haut en bas pour se fermer. Si l'on veut une pose lente, le volet est relevé jusqu'à la position verticale, et une pression modérée sur une poire en caoutchouc refoule un piston qui entraîne la guillotine et découvre l'objectif; on ferme au moment voulu en cessant de comprimer la poire. Pour les poses rapides, un dispositif spécial permet à la guillotine, aussitôt qu'elle est arrivée au plus haut point de sa course, de faire déclencher le volet, qui se referme immédiatement sous l'action d'un ressort en caoutchouc.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1884, p. 203.
2. *Ibid.*, 1885, p. 318.
3. *Ibid.*, 1887, p. 70.

Plusieurs auteurs, parmi lesquels M. Londe, trouvent que les obturateurs dont une partie déclenche l'autre doivent toujours produire un ébranlement de la chambre noire, excepté dans les cas où celle-ci est extrêmement lourde. Cet ébranlement se produit, même dans les appareils légers, toutes les fois que la vitesse de la lamelle obturante change brusquement de signe : de tels obturateurs ne peuvent être employés avec les chambres noires très légères.

**101.** Humbert de Molard[1] a présenté, sous le nom d'obturateur instantané, un appareil destiné à obtenir les images nécessaires au phenakisticope et permettant d'appliquer le stéréoscope à ce dernier instrument. Il se compose d'une sorte de châssis que l'on place devant les objectifs. La partie antérieure de ce châssis est percée d'un nombre de trous égal au nombre des objectifs, de telle sorte que l'appareil étant mis en place, ceux-ci seraient tous démasqués si un rideau opaque ne s'interposait pour fermer l'entrée de la lumière. Ce rideau, qui est tendu de la même manière que les stores de voiture, se déroule d'un cylindre sur un autre en moins d'une demi-seconde, ou plus lentement, à volonté. Dans le rideau opaque, des ouvertures sont disposées de telle sorte que par le mouvement d'ascension, la première coïncidant avec la première rangée d'objectifs, démasque successivement chacun de ces objectifs pendant que tous les autres sont fermés; puis la seconde et la troisième ouvertures, placées à la distance nécessaire, coïncident à leur tour avec la deuxième et la troisième rangée d'objectifs et agissent successivement comme la première ouverture. On pourra prendre ainsi des vues successives pendant le temps que le rideau mettra à se développer complètement.

On peut manœuvrer cet obturateur à la main pour les épreuves ordinaires; on peut aussi combiner les ouvertures du rideau mobile pour faire une, deux, trois fois la même pose.

Signalons enfin, parmi les obturateurs photographiques, le dispositif employé par M. Ommeganck[2]. Il consiste en un voile noir, bien imperméable à la lumière, attaché à la chambre noire, couvrant l'objectif ou les objectifs, et portant en bas une légère règle en bois cousue dans son intérieur. On saisit cette règle par la main, et, avec un peu d'exercice, on parvient à lever et à abaisser le voile avec une grande rapidité, sans imprimer le moindre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 62.
2. *Méthode de préparation d'un collodion très rapide et d'un collodion pour épreuves instantanées.* Anvers, 1864.

mouvement à l'appareil, pourvu que la règle soit légère. Au lieu d'un simple voile, le Dr Vogel se sert d'un sac d'étoffe noire portant à son extrémité une planchette de bois léger, munie d'une ouverture suffisamment large; en laissant tomber le sac, on empêche les rayons lumineux d'entrer dans l'objectif. Pour effectuer la pose, il suffit de relever vivement le cadre de bois, de façon à ce que l'ouverture de la planchette se trouve en face de l'objectif.

Ces deux sortes d'obturateurs exigent que l'appareil photographique soit soustrait à l'influence du vent. Pour les vues instantanées à photographier avec de grands objectifs, le vent est un inconvénient sérieux qui peut empêcher tout travail avec certains obturateurs si l'objectif est d'un large diamètre. Si le diamètre de l'objectif est extrêmement large (6 pouces par exemple), le maniement de l'obturateur devient difficile; on peut y suppléer en employant le dispositif suivant : l'objectif est muni de deux couvercles ou bouchons qu'on peut confectionner en toile ou en carton ; on se procure deux carrés de carton dur, beaucoup plus larges que le parasoleil de l'objectif; on fixe chaque couvercle de l'objectif au centre de chacun de ces cartons. La chambre étant dirigée vers le sujet à reproduire, l'objectif doit être couvert par un de ces carrés à l'aide de la main droite; la main gauche doit tenir le second carton au-dessous du premier, à 10 ou 12 centimètres de celui-ci.

L'exposition à la lumière se fait en retirant délicatement le couvercle et abaissant rapidement le carton auquel il est fixé. La lumière pénètre dans l'objectif, aussitôt le second carton est abaissé de la main gauche, et son couvercle est placé sur le parasoleil de l'objectif, arrêtant ainsi l'action des rayons lumineux qui n'agissent que pendant un temps très court.

---

## BIBLIOGRAPHIE.

### OBJECTIFS ET DIAPHRAGMES.

Abney (W. de W.). *Leçons d'optique à l'usage des photographes*, Bulletin de l'Association belge de photographie, 1883 et 1884.

Beck (Conrad). De nombreux articles parus dans *The Camera Club* et dans le *Scientific American*.

Buehler. *Atelier und Apparat der Photographen*. Weimar, 1867.

Dallmeyer (J.-H.). *Du choix et de l'emploi des objectifs photographiques*. Chez Puech, à Paris.

Dallmeyer (T.-R.). Articles dans le journal *The Camera Club* et autres recueils anglais; *Dingler's Polytec. Journal*, vol. LXXIX, 1841.

Eder (Dr). *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I.

Kruger. *Der Apparat der Photographen*. Leipzig, 1859.

Lemling. *Der Freund des Photographer oder die Fortschritte der photographischen Optik*, 1839 — 1874.

MOESSARD (Cte). Articles dans le *Bulletin de la Société française de photographie.*

MONCKHOVEN (Dr D. Van). *Traité d'optique photographique.*

NEUMANN. *Die Haupt und Brennpunkte eines Linsensystems*, 1866.

PETZVAL. *Berichte uber die Ergebnisse einiger dioptrischer Untersuchungen. Wien*, 1843.

PORRO. *Sur le perfectionnement pratique des appareils optiques.* Paris, Mallet Bachelier, 1858.

SECRETAN. *De la distance focale des systèmes optiques convergents.*

ZENTMAYER. Articles divers : *Photographic News*, 1876, et *Scientific American.*

ZINKEN. *Untersuchungen uber die Dioptrik der Linsensysteme*, 1870.

## OBTURATEURS.

ABNEY (W. de W.). Articles in *Bulletin de l'Association belge de photographie*, depuis 1878.

AGLE. *Manuel pratique de photographie instantanée.* Paris, Gauthier-Villars, 1887.

EDER (Dr). *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I.

— *La Photographie instantanée, son application aux arts et aux sciences.* Paris, Gauthier-Villars, 1889.

LONDE (A.). *La Photographie instantanée.* Paris, Gauthier-Villars, 1886.

SEBERT (colonel). Articles in *Bulletin de la Société française de photographie* et *Journal de physique de d'Almeida.*

# CHAPITRE IV.

## CHAMBRES NOIRES ET LEURS ACCESSOIRES.

**102.** Nous avons vu que l'objectif était destiné à donner sur un écran une image réelle et très nette des objets extérieurs. La surface sensible placée sur l'écran doit être soustraite à l'action de toute lumière autre que celle qui a traversé l'objectif. Pour réaliser cette condition, l'écran est placé dans une boîte ou chambre à parois opaques : ces parois ne doivent ni réfléchir, ni diffuser sur la plaque sensible les rayons qui pourraient les frapper; c'est dans ce but que l'on *noircit* les parois de cette boîte, d'où le nom de *chambre noire*.

Pour obtenir une image dans la chambre noire il n'est pas nécessaire que cet appareil soit muni d'un objectif ; on sait que quand la lumière issue d'un corps entre dans une chambre obscurcie par une très petite ouverture, elle vient peindre sur un écran opposé une image de ce corps, quelle que soit la forme de l'ouverture. Ce fait a été observé par les anciens, et Aristote a essayé de donner une explication de ce phénomène. Roger Bacon, vers 1260, paraît être l'un des premiers qui ait employé pour certaines expériences un appareil qui devait présenter de grandes analogies avec la chambre noire; mais il faut arriver jusqu'à Léonard de Vinci [1] (mort en 1519) pour avoir une description précise de la chambre noire, appareil qui, en 1521, était déjà attribué à un moine bénédictin dom Panuce. En 1540, Erasme Rheinold se servait d'une chambre noire simple pour observer une éclipse de soleil. C'est donc à tort que l'on attribue à Jean-Baptiste Porta (né en 1538, mort en 1615) l'invention de la chambre noire simple. Il est vrai qu'en 1553, dans la première édition de *la Magie naturelle*, la chambre noire sans objectif se trouve parfaitement décrite : dans les éditions postérieures à 1589, on trouve la description de chambres noires *composées* d'un miroir réflecteur ou d'une lentille et d'une boîte. La découverte de l'emploi d'un objectif ou d'un miroir pour former avec netteté l'image de la chambre noire semble donc appartenir à Porta qui, par cette modification, apporta un grand perfectionnement à l'emploi de cet appareil.

1. Manuscrit inédit.

Robert Hooke, en 1679, fit construire les premières chambres noires portatives [1].

Nous nous occuperons d'abord des chambres noires destinées à donner des images à l'aide d'un objectif; nous examinerons ensuite l'emploi que l'on peut faire des chambres noires à petite ouverture, sans objectif.

Quel que soit le procédé photographique employé, la chambre noire servira à reproduire des sujets : 1° dans l'atelier du photographe ; 2° à l'extérieur, auquel cas l'appareil devra être aussi portatif que possible. Les fabricants construisent deux séries d'instruments présentant des qualités spéciales pour chacun de ces travaux.

Les modèles qui ont été établis sont extrêmement nombreux ; nous décrirons les plus usités et signalerons ceux qui présentent quelque particularité intéressante.

## § I. — Chambres noires d'atelier.

Les chambres noires d'atelier n'étant pas destinées au transport doivent présenter le maximum de solidité, condition pouvant être

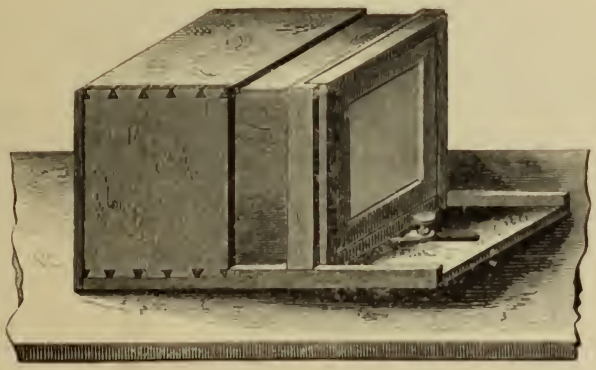


Fig. 170.

facilement réalisée par le constructeur, qui n'a pas à se préoccuper du poids de l'appareil.

**103. Chambre noire à tiroir.** — Le modèle de chambre noire le plus simple est connu sous le nom de chambre noire *à tiroir*. Il est constitué par deux prismes droits à base rectangulaire, rentrant l'un dans l'autre comme un tiroir entre dans une table, et permettant à

1. Dr Eder, *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I, p. 207.

deux des faces parallèles de s'écarter plus ou moins l'une de l'autre *(fig. 170.)* La base du tiroir d'avant se prolonge d'une longueur supérieure à celle du tiroir d'arrière, qu'elle peut soutenir et fixer dans une position déterminée à l'aide d'une vis de pression. Sur la face verticale postérieure du tiroir d'arrière s'ajuste la glace dépolie ; sur la face antérieure verticale se fixe, au moyen de planchettes spéciales, l'objectif. La distance entre le sujet à reproduire, l'objectif et la glace dépolie est réglée par la loi des points conjugués. Le dispositif à tiroir permet donc de faire varier la distance entre le verre dépoli et l'objectif ; cette distance maxima constitue le *tirage* de la chambre noire.

Les rayons lumineux traversant l'objectif sont en partie arrêtés par la glace dépolie ; ils forment sur cette glace une image réelle que l'on aperçoit dès que cette glace dépolie est placée dans une obscurité relative. Dans ce but, on se sert d'un voile noir que l'on place sur la chambre noire, et l'on examine l'image sous le voile noir.

En faisant varier la distance de la glace dépolie à l'objectif, on trouve par tâtonnements qu'il existe une position pour laquelle l'image obtenue présente le maximum de netteté. L'opération de *mise au point* a pour but de déterminer cette position avec la plus grande exactitude.

La partie de la chambre noire qui sert à soutenir le tiroir d'arrière s'appelle *base* ou *queue* de la chambre noire ; elle doit être plane et disposée de telle sorte qu'elle soit perpendiculaire à la partie qui porte l'objectif et à celle qui reçoit la glace dépolie. Les deux faces, en s'éloignant, doivent rester rigoureusement parallèles, sauf dans quelques cas spéciaux. L'écart entre ces deux faces, qui constitue le tirage, peut s'obtenir très exactement soit à l'aide d'une vis de rappel ou d'un pignon et d'une crémaillère ; lorsque l'on a obtenu la mise au point exacte, on fixe le cadre du verre dépoli à l'aide d'une vis de pression.

Dans quelques chambres noires la glace dépolie est fixe, et c'est la face portant l'objectif qui est mobile ; la mise au point est facile avec un tel dispositif parce que l'image examinée est immobile *(fig. 171)*.

Quel que soit le système adopté, le déplacement s'effectue sur une base portant deux guides soit en bois, soit en métal, destinés à assurer le parallélisme des deux faces. La base peut être munie de rallonges permettant d'obtenir un long tirage. L'appareil est dit à *queue rentrante,* et possède alors plusieurs tiroirs rentrant les uns dans les autres. La base est quelquefois à *brisures,* dispositif employé

dans les chambres à soufflet : on dit alors que la base est *ployante*.

Le cadre qui porte la glace dépolie (ou *châssis à glace dépolie*) glisse entre des rainures tracées dans les côtés de la chambre noire : ces rainures permettent de remplacer la glace dépolie par le châssis contenant la surface sensible. Ce châssis doit être construit de telle façon : 1° qu'il ne laisse aucun accès au moindre rayon de lumière extérieure lorsqu'il est fermé ; 2° que la surface sensible vienne prendre exactement la place de la surface dépolie de la glace ; en un mot, ces deux surfaces (glace dépolie et plaque préparée) doivent être à la même distance de l'objectif, quel que soit le tirage de la chambre.

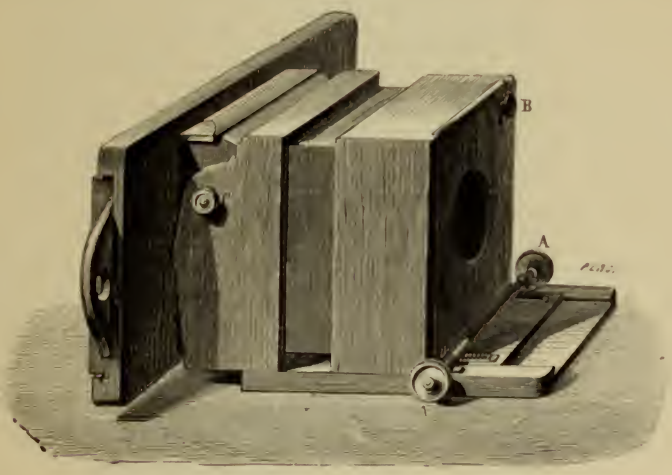



Fig. 171.

Le châssis des chambres noires d'atelier est disposé le plus souvent pour contenir une seule surface sensible : on appelle ce châssis châssis *simple*. Généralement, les chambres à tiroir sont munies de châssis de forme carrée, ce qui permet de placer la surface sensible soit dans le sens de la hauteur, soit dans celui de la largeur. Au lieu d'une plaque photographique, les rainures peuvent recevoir un petit cadre dans lequel se logera une glace sensible de dimension plus ou moins grande : ces *cadres intermédiaires* (on dit simplement *intermédiaires*) doivent permettre à la surface photographique de venir se placer dans le même plan que celui occupé par la glace dépolie.

Dans le châssis simple, les glaces s'introduisent en ouvrant une porte qui se trouve à la partie postérieure du châssis ; cette porte ne

doit pas laisser pénétrer de lumière par ses joints. Un dispositif dû à Opsor[1] permet d'atteindre ce résultat : dans l'intérieur du châssis et à 5 millimètres des bords se trouve une rainure de 5 millimètres de profondeur; la porte à charnières recouvrant l'ouverture est mu-

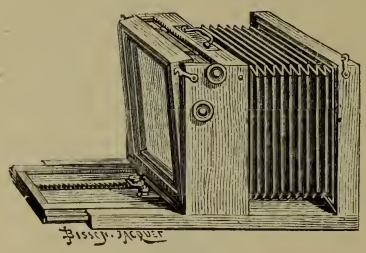


Fig. 172.

nie d'une languette pénétrant dans cette rainure et empêche ainsi la lumière d'atteindre le dos de la glace.

Pour laisser arriver sur la surface sensible les radiations lumineuses qui ont traversé l'objectif, on place le châssis dans la chambre noire et on soulève un volet qui se trouve à la partie antérieure du châssis et qui met à découvert la couche préparée. Si le volet est formé d'une seule lame de bois, le châssis est dit *à volet;* s'il

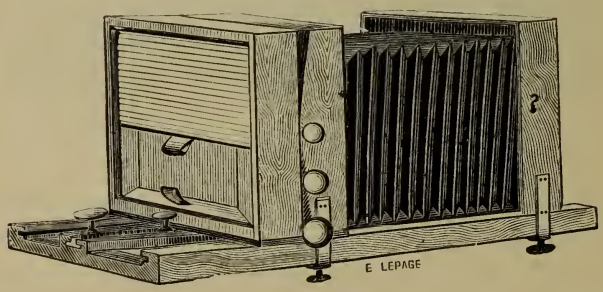



Fig. 173.

est composé d'une série de lamelles collées sur peau ou sur étoffe, il constitue une sorte de rideau, et le châssis prend le nom de *châssis à rideau* (*fig. 173*).

Dans les chambres noires soignées (*fig. 171*), le cadre qui est destiné à recevoir le cadre à glace dépolie est mobile, de telle sorte que la

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, p. 30.

glace peut s'incliner en tournant autour d'un axe horizontal qui rencontrerait l'axe de l'objectif et serait perpendiculaire à celui-ci ; en un mot, la glace dépolie peut *basculer* autour de deux points fixes situés à mi-hauteur des montants verticaux du cadre : la chambre est dite alors *à bascule*. Si en même temps le châssis peut tourner autour d'un axe vertical passant par le centre du verre dépoli, l'appareil est dit *à double bascule*. Nous verrons plus tard l'utilité de ce dispositif dont doivent être munies les chambres noires destinées au portrait.

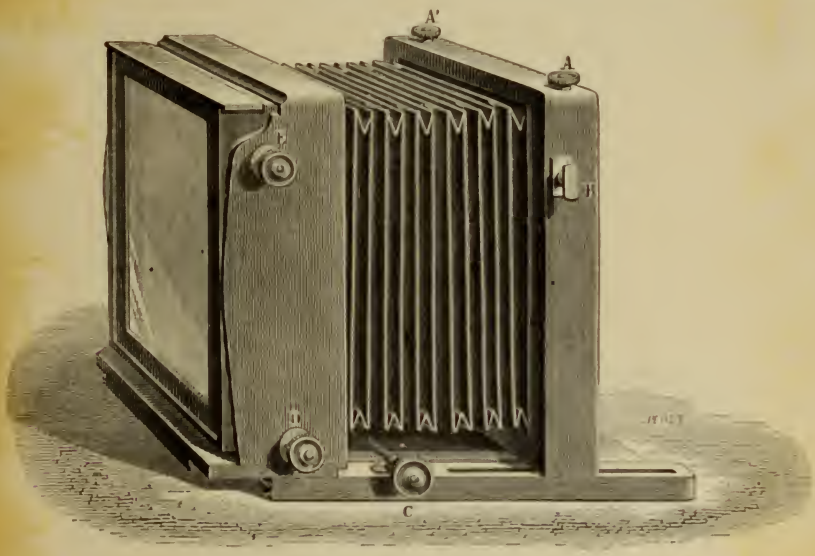



Fig. 171.

**104. Chambre noire à soufflet.** — L'emploi d'un soufflet de toile ou de cuir pour fermer l'intervalle compris entre les deux faces (antérieure et postérieure) de la chambre noire est dû à Nicéphore Niepce. Il existe, en effet, au musée de Châlon-sur-Saône un soufflet de forme carrée, composé de cadres en bois réunis par un cuir et s'adaptant aux chambres noires ; un appareil à soufflet figure aussi dans ce musée et est catalogué sous le n° 21. Le baron Séguier, dès l'origine du daguerréotype, fit construire des chambres noires présentant ce dispositif. M. Davanne, vers 1855, imagina le soufflet tournant, qui permet de donner à la chambre noire une forme rectangulaire, pratique, et par suite d'avoir un appareil moins volumineux.

Le soufflet (en toile ou en peau) permet de réduire de beaucoup

les dimensions de la chambre noire, surtout si elle est destinée à fournir des clichés de grandes dimensions. Dans ce cas, le maniement d'une chambre à tiroir deviendrait difficile si les parois étaient en bois ; il devient très facile grâce à la légèreté de l'étoffe qui forme le soufflet et qui empêche tout accès de la lumière dans la chambre noire.

Les chambres noires destinées au travail dans l'atelier peuvent être de forme carrée et à base rigide *(fig. 172)*. On appelle quelquefois cette base *chariot droit*. Une crémaillère munie d'une vis de rappel permet de fixer la chambre noire dans la position convenable :

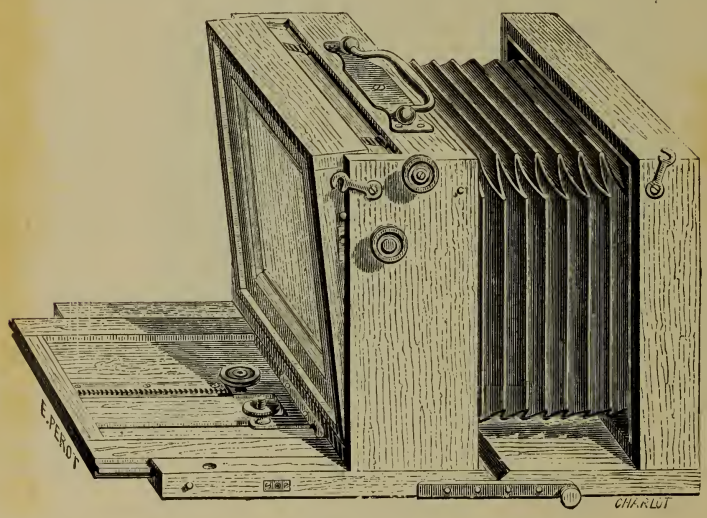



Fig. 175.

deux coulisseaux, dans lequel glissent deux pièces fixées au cadre postérieur, permettent d'éviter pendant la mise au point tout déplacement irrégulier de ce cadre *(fig. 173)*.

Le chariot droit permet d'assurer facilement la perpendicularité des deux faces de la chambre noire sur la base ; mais si le tirage de l'appareil est considérable, on emploie une base droite et rentrante *(fig. 174)* ; la partie rentrante de la base se fixe à la distance convenable à l'aide d'un bouton de serrage. L'appareil ainsi construit possède, pour le même tirage de soufflet, des dimensions plus réduites ; enfin, dans le but de diminuer encore les dimensions de l'appareil lorsqu'on ne s'en sert pas, on a construit des chambres noires à charnières et à base rentrante *(fig. 175)*. Dans certains appa-

reils, cette base ployante *(queue brisée)* permet, lorsque l'appareil est fermé, de loger deux châssis entre la base et l'arrière de la chambre noire (*fig. 176*).

Au lieu de se servir d'une chambre noire de forme carrée, on peut employer dans l'atelier une chambre rectangulaire. Le meilleur modèle est celui dit à *soufflet tournant*, imaginé par M. Davanne. Cet appareil peut se placer aussi bien sur le pied d'atelier que sur le pied de campagne. C'est donc un instrument mixte, employé par bien des photographes ayant à faire des travaux au dehors (*fig. 177*).

La partie BC de la chambre noire est assemblée solidement et à demeure avec la queue C. L'objectif O se visse sur une petite planchette que l'on peut changer à volonté et qui est montée sur une

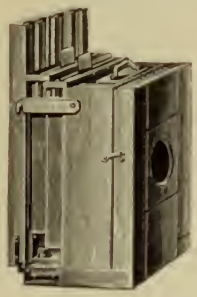


Fig. 176.

partie mobile permettant d'élever ou d'abaisser l'objectif. L'axe de celui-ci peut donc être placé plus haut ou plus bas que le centre du verre dépoli ; c'est là une condition indispensable pour le travail au dehors, et une condition fort utile pour le travail dans l'atelier,

La base de la chambre noire est formée de trois pièces distinctes : 1° la planchette sur laquelle se visse l'écrou et sert à fixer l'appareil sur son pied ; cette planchette glisse d'avant en arrière dans deux coulisseaux, et lorsqu'elle est poussée elle empêche la charnière de fermeture E de se replier ; 2° la queue proprement dite, brisée en E ; 3° la rallonge D sur laquelle on fixe au moyen d'un écrou la partie A. C'est sur les quatre côtés de cette partie qu'est fixée l'une des extrémités du soufflet ; l'autre extrémité s'arrête au centre d'une rondelle mobile (ou planchette carrée) placée au centre de la partie B. Cette disposition permet de faire tourner le cadre A sans changer aucune autre des pièces de l'appareil et d'obtenir les images soit en hauteur,

soit en largeur, sans autre peine que de dévisser la vis *c*, lever le cadre A, le tourner sur sa face *c'* et, au moyen de cette vis *c'* le fixer de nouveau sur son chariot (*fig. 177* [1]).

Le soufflet tournant ayant la forme d'une pyramide quadrangulaire, présente, dans le cas d'un tirage un peu long, l'inconvénient de n'être plus assez rigide : les bords du soufflet peuvent alors arrêter une partie des rayons lumineux qui doivent arriver sur la plaque sensible. Pour éviter cet inconvénient, M. Koch a construit une

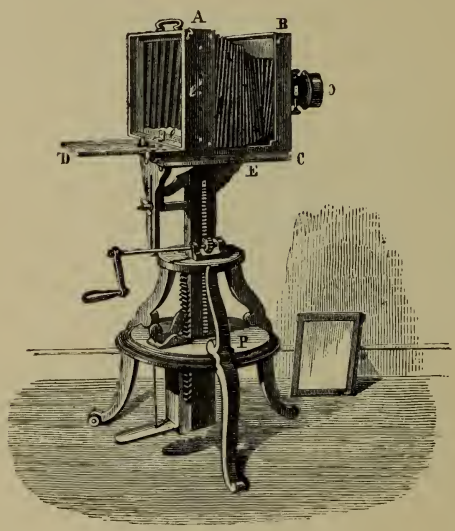



Fig. 177.

chambre à trois cadres. Le cadre du milieu reste fixe, le développement du soufflet s'opère par la crémaillère de la base ; lorsque le soufflet est développé dans toute son étendue, il est maintenu par des traverses qui l'empêchent de fléchir (*fig. 178* [2]).

Le modèle que nous possédons pour la dimension de plaque (50 × 60 centimètres) est construit par MM. Gilles frères, et appelé par ces constructeurs *chambre universelle*.

La chambre noire est à soufflet double, ajustés l'un dans l'autre, d'après le système imaginé par M. Besson [3]. Le soufflet antérieur est supporté par la rallonge du chariot. Cette rallonge peut se loger dans

1. Bareswil et Davanne, *Chimie photographique*, p. 116.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 41.
3. *Ibid.*, 1857, p. 37.

la base droite, et le soufflet antérieur se fixe alors dans l'épaisseur du cadre antérieur : on a ainsi une chambre ordinaire, dont le développement est d'environ un mètre ; il est porté au double lorsque la

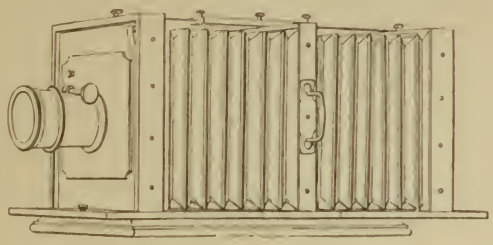


Fig. 178.

rallonge est complètement tirée. On peut encore augmenter le tirage de la chambre en adaptant sur le cadre porte-objectif un tronc de pyramide à base carrée qui se fixe par la base inférieure à la place de la planchette à objectif : cette planchette peut être disposée sur la petite base du tronc de pyramide. Lorsque la chambre noire est

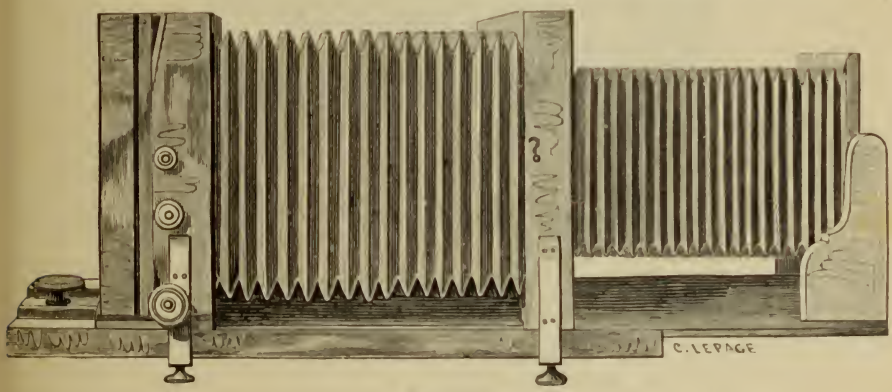



Fig. 179.

complètement fermée, on peut, à l'aide d'un dispositif analogue placé à l'intérieur, se servir d'objectifs à foyer très court.

Les planchettes porte-objectifs peuvent s'adapter dans l'intérieur du cadre du milieu : on peut alors, à l'aide d'un porte-cliché spécial, obtenir des positifs par transparence, des agrandissements, etc.

La glace dépolie de 50 × 60 centimètres peut se placer dans son cadre soit en long soit en travers. Cette glace dépolie, fixée à l'aide de tourniquets, peut être facilement remplacée par d'autres cadres

qui peuvent recevoir les châssis d'appareils de dimensions inférieures, ce qui est avantageux lorsque l'on veut opérer sur de petites dimensions.

Les châssis sont à rideaux, munis d'intermédiaires jusqu'à la dimension 30 × 40 centimètres ; pour les grandeurs au-dessous, il vaut mieux adapter au cadre d'arrière les châssis des autres chambres noires qui sont plus maniables.

Cette chambre noire (*fig. 179*) sert surtout pour les reproductions de cartes, plans, dessins, agrandissements, essais d'objectifs, etc. Nous avons fait adapter sur chacun des côtés de la base et de la

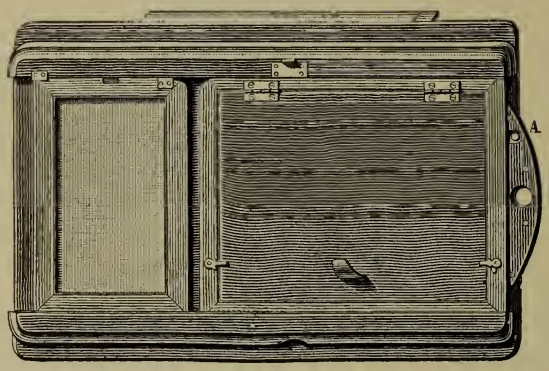



Fig. 180.

rallonge des règles en cuivre de 1m10 de long, graduées en millimètres. Nous verrons plus tard l'utilité de cette graduation.

Des modèles semblables à celui que nous venons de décrire sont construits par MM. Martinet, Jonte, Martin, Henry, etc.

**105. Châssis multiplicateur.** — Le plus souvent, les chambres noires destinées au portrait sont munies d'un cadre additionnel dans lequel peut glisser horizontalement ou verticalement soit le châssis à glace dépolie, soit le châssis à épreuves. Une ouverture percée dans le cadre additionnel (ouverture qui est de dimension inférieure à celle de la glace contenue dans le châssis) permet de n'exposer que la moitié de la surface sensible et de faire une première épreuve. En faisant glisser le châssis de manière à placer la seconde portion de la plaque en face de l'ouverture, on peut faire une seconde épreuve sur la même plaque. Cette pièce additionnelle s'appelle *multiplicateur*.

Par son emploi, on peut exécuter avec un seul objectif deux épreuves d'un même objet ou d'objets différents sur une même glace (*fig. 180*). M. Henry, de Limoges, a perfectionné ce multiplicateur et l'a rendu très pratique. On peut l'employer avec les glaces les plus sensibles sans craindre que la lumière s'introduise par les joints de l'appareil ; de plus, il peut servir pour la carte-album et la carte de visite.

Les multiplicateurs se fabriquaient autrefois de façon à obtenir quatre ou huit épreuves identiques sur la même plaque : ces épreuves étaient du format carte de visite. Depuis que la retouche des clichés est en faveur, on se borne généralement à faire deux négatifs sur la même glace, et on fait le plus souvent retoucher le meilleur des deux.

Pour les chambres noires de voyage, M. Henry construit un multiplicateur très léger et qui permet d'obtenir en toute sécurité deux négatifs sur une même plaque.

### § 2. — Chambres noires de voyage.

**106.** Les chambres noires destinées aux opérations photographiques en voyage doivent présenter des qualités toutes différentes de celles que l'on exige des appareils destinés aux travaux de l'atelier. Ces derniers doivent être massifs : leur fonctionnement régulier a lieu dans des conditions qui varient peu. Il n'en est plus de même au dehors. L'appareil doit être léger pour pouvoir être transporté facilement ; il doit se monter et se démonter rapidement : enfin, la mise en station doit s'effectuer toujours sans difficulté, quelles que soient les circonstances particulières dans lesquelles se trouve l'opérateur, ce qui suppose un appareil assez simple dans sa construction. Ce sont là des conditions difficiles à réaliser et qui depuis longtemps ont mis à l'épreuve l'habileté des constructeurs.

Dans presque toutes les chambres de voyage, le dispositif dit *à tiroir* est remplacé par celui à soufflet, qui permet un emballage et un transport plus facile.

Les premières chambres de voyage ont été décrites par Plaut[1], par Talbot[2], et construites en 1852 par Willat[3] ; elles étaient surtout employées

1. *Cosmos*, I, p. 563.
2. *Ibid.*, II, p. 52.
3. *Dingler's Polytechn. Journ.*, 125, p. 180.

pour le papier ciré, les opérations du daguerréotype exigeant l'emploi d'un matériel lourd et encombrant. La chambre noire n'avait pas été modifiée pour les opérations du daguerréotype en voyage. L'introduction de la photographie sur plaques sèches amena rapidement des progrès dans la construction des appareils. M. Davanne imagina, en 1855, le soufflet tournant, qui permettait de réduire l'épaisseur de la chambre noire et le volume des châssis. Humbert de Molard avait d'ailleurs indiqué un moyen de construire facilement le soufflet d'une seule pièce[1]. Relandin profita[2] des idées de M. Davanne et fabriqua des chambres noires répondant aux exigences du travail que l'on faisait au dehors. Il employa des châssis en ardoise pour

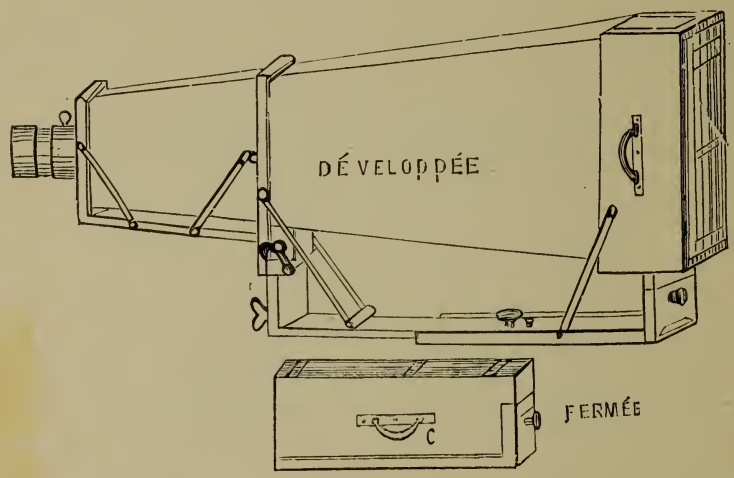



Fig. 181.

les clichés au collodion, et Maxwel-Lyte[3] conseilia pour cet objet des châssis en bois de tilleul, comme plus exempts de tannin que les autres espèces de bois. Plus tard, Relandin modifia le modèle qu'il avait d'abord construit : c'est ainsi qu'afin d'obtenir un ensemble plus compacte, il fit rabattre le cadre porte-objectif à l'aide de charnières sur la base de la chambre noire ; pendant les opérations, le cadre était maintenu dans la position verticale par deux ailettes qui, en tournant d'équerre, venaient s'agrafer sur le chariot et donnaient à l'ensemble la rigidité nécessaire[4]. Un dispositif analogue avait déjà été employé par Meagher[5]. Les chambres noires de ce système sont appelées, en Angleterre, « chambres de Kinnear ». Rouch fabriqua des soufflets coniques, sans plis, en velours ; Melhuish, Ottewill, etc., perfectionnèrent soit la crémaillère, soit le montage du soufflet[6].

1. *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1848.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1855, p. 186.
3. *Ibid.*, 1855, p. 342.
4. *Ibid.*, 1864, p. 107.
5. *Brit. Journ. of Phot.*, 7, pp. 315, 317.
6. *Ibid.*, 7, pp. 315, 316.

M. Defrance[1] a construit une chambre noire qui peut se renfermer dans une boîte (*fig. 181*). Au lieu d'employer un soufflet, il se servait d'un simple sac d'étoffe; un dispositif mécanique permettait de tendre les fils placés dans le sac, fils qui empêchaient l'étoffe de venir masquer le verre dépoli lorsqu'on employait de courts foyers. Le bois n'est pas la seule matière utilisée pour la construction des panneaux de cette chambre noire, M. Defrance a employé de minces lames de métal verni, et a pu ainsi, sans compromettre la solidité de l'appareil, en diminuer le poids.

Ce modèle d'appareil a été imité par plusieurs fabricants.

M. Koch[2] a construit une chambre noire qui, fermée, a tout à fait l'apparence et le volume d'une de ces boîtes de couleur que les peintres emportent dans leurs excursions. Déployée et montée, elle constitue une chambre à soufflet tournant ayant 50 centimètres de développement. L'objectif peut rester en place sans empêcher la chambre de se replier. La partie qui porte le châssis à épreuve est munie de deux vis qui font saillie et viennent se fixer dans des boutonnières en métal pratiquées sur la base. La mise au point grossière se fait sans frottement; on la termine au moyen d'une vis à petit filet, qui permet d'arriver à une exactitude rigoureuse. Lorsque la chambre est repliée, la glace dépolie se trouve recouverte par un volet en bois qui la protège contre les chocs.

M. Woodbury a établi un modèle analogue à celui de M. Koch.

Les divers dispositifs que l'on rencontre dans les appareils précédents se retrouvent dans le modèle de chambre noire construit par M. Jonte qui a obtenu, en 1879, le prix du Ministère de l'Instruction publique, à suite du concours ouvert par la Société française de photographie. Cet appareil réalise les avantages suivants : lorsqu'il est fermé, il constitue un bloc parfaitement uni, sans objet dépassant; la base est ployante, et elle est rendue rigide à l'aide d'une planchette à coulisse portant une rainure métallique creuse qui permet d'ajuster la chambre dans la tête du pied, au moyen d'un cercle de métal entrant dans la rainure. Ce mode d'attache permet de rencontrer immédiatement le pas-de-vis de la chambre et de le fixer sans tâtonnements.

Le développement du soufflet de la chambre s'opère au moyen d'une vis à trois filets.

Le verre dépoli est monté sur un châssis fixé par des charnières à la chambre, contre la paroi de laquelle il vient s'appliquer pendant la pose.

La partie antérieure de l'appareil se meut verticalement d'une façon fort ingénieuse au moyen de deux écrous montant et descendant à

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 41.
2. *Ibid.*, 1875, p. 203.

volonté sur deux vis formant supports. L'horizontalité de la chambre est réglée à l'aide de deux niveaux d'eau encastrés dans l'épaisseur du bois.

Un parasoleil mobile à soufflet protège l'objectif contre les rayons du soleil et peut servir en même temps d'obturateur.

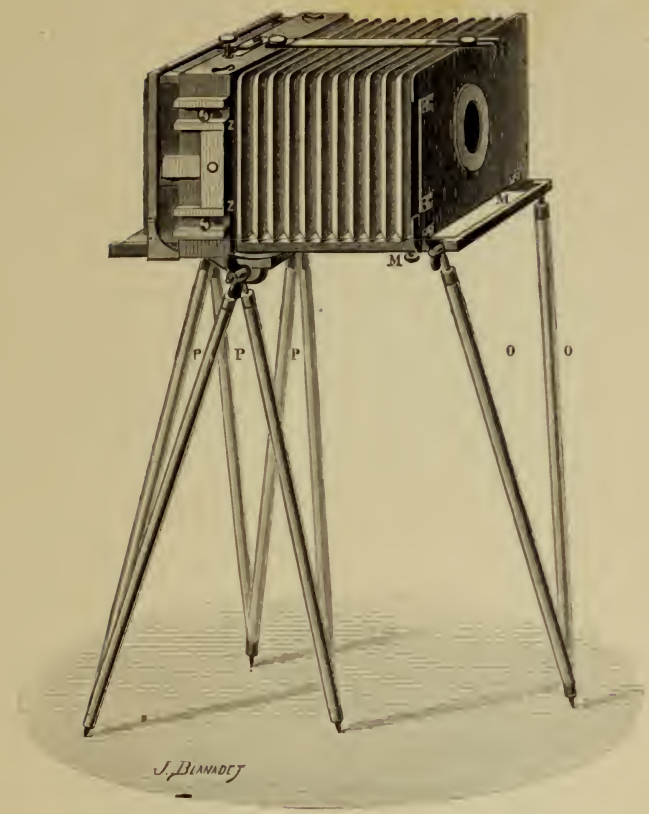
Les châssis, construits en bois mince, recouverts d'une toile collée à la gomme laque, sont extrêmement légers; les volets se ferment à l'aide de cliquets d'un usage commode. Pendant l'opération, le volet antérieur se rabat complètement contre la paroi externe. Le petit numérateur mobile placé sur la coulisse de chaque châssis, et servant à indiquer les glaces déjà posées, est d'un emploi très pratique[1].

Dans ces dernières années, M. Jonte a perfectionné la fabrication de cet appareil. Des plaques de nickel massif assurent la solidité des divers ajustages; la base de la chambre noire permet de disposer le cadre à glace dépolie soit sur la partie fixe, soit sur la partie mobile du chariot, de telle sorte que l'on peut avec cet appareil se servir d'objectifs de foyer extrêmement courts sans que la partie antérieure de la base vienne masquer les premiers plans. Les mouvements de la planchette à objectif s'effectuent à l'aide d'une double crémaillère, ce qui assure une très grande précision à tous ces divers mouvements. Le modèle qui est actuellement construit par M. Jonte est certainement l'un des plus parfaits de ceux qui existent.

M. Civiale[2] a fait établir pour les épreuves de grandes dimensions une chambre noire qui est relativement fort légère. La base de cette chambre est formée d'un châssis en bois de noyer consolidé par les traverses AA, BB (*fig. 182.*) Deux languettes CC, dans lesquelles une ouverture longitudinale est pratiquée, se trouvent à l'extrémité du châssis; deux ouvertures semblables existent aussi en DD, elles ont en plus à leur face antérieure des divisions et deux vis EE. Au moyen de charnières FF la base se replie et occupe un petit espace.

La chambre noire est à cadre rectangulaire. On peut la placer soit dans le sens de la largeur, soit dans celui de la hauteur. Pour cela, on fait entrer dans les rainures GG les deux languettes CC, et on maintient le tout en place à l'aide des boutons à vis; on développe ensuite le soufflet, et on le fixe à l'autre extrémité de la base à l'aide de deux boutons à vis semblables aux précédents. On peut modifier le tirage de la chambre noire : 1° en faisant glisser la partie antérieure dans les rainures DD; 2° à l'aide du tiroir placé à la partie postérieure; le mouvement de ce tiroir est facilité et régu-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1879, p. 65.
1. *Méthodes photographiques perfectionnées*, Charles Chevalier, Paris, septembre 1859.



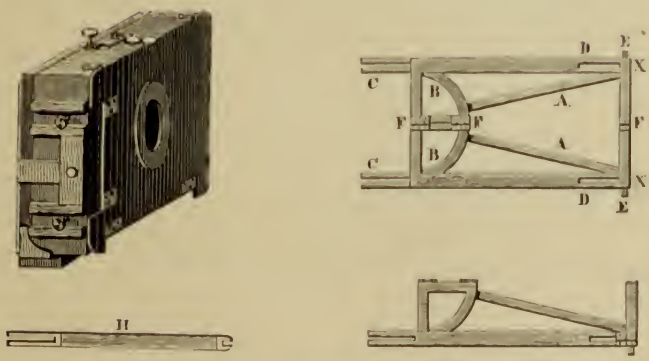




Fig. 182.

larisé par deux équerres en cuivre glissant sur la base. Le tiroir est utilisé pour placer une boîte contenant huit châssis pour clichés sur papier, la glace dépolie et le voile noir.

Plusieurs constructeurs ont imité la base de cette chambre noire. Petzval[1] avait le premier utilisé pour un appareil à soufflet, à très long tirage (le modèle d'atelier construit par Gilles présente un soufflet analogue), une base prismatique rigide, sur laquelle pouvaient se fixer l'avant-corps, la partie médiane et le cadre à glace dépolie; une vis sans fin dont la tête était fixée à la règle prismatique et l'écrou au cadre à chassis permettait une mise au point très exacte. L'instrument était de très grande dimension; les deux corps étaient en quelque sorte formés par une grande et une petite chambre noire.

Parmi les chambres de voyage, nous devons citer celle construite par M. Durand. La base de cet appareil devient de plus en plus rigide à mesure que les deux faces s'écartent davantage; elle se plie, garnissant d'un côté la glace dépolie, de l'autre côté l'objectif retourné dans la chambre noire.

Le châssis est débarrassé du chapeau; on y loge deux glaces séparées par un carré de percaline noire, on les introduit par devant : dans le bas, elles sont maintenues par une feuillure formant rebord; sur le haut, par deux petits taquets.

La planchette porte-objectif rappelle les plateaux excentriques que l'on utilise sur le tour. Elle se compose d'une planche fixe, percée au centre d'une ouverture ronde, d'un diamètre égal à celui de l'ouverture de l'objectif; autour de cette ouverture sont percés d'autres trous de même diamètre et correspondant à la position de l'objectif nécessaire pour prendre les divers genres de vue que l'on veut faire. Un plateau circulaire et concentrique avec l'ouverture du milieu peut tourner sur cette première planche; mais ce plateau n'est percé que de deux trous, l'un au centre correspondant à l'ouverture centrale de la planche fixe du dessous, l'autre excentrique de même diamètre que les ouvertures excentriques qu'il ouvre et ferme successivement, à mesure qu'il vient se présenter devant elles ou les dépasser.

Enfin, l'objectif est monté sur une planchette à rainures qui peut prendre deux positions : dans l'une, l'objectif est au centre de l'appareil, et alors l'ouverture excentrique du plateau tournant est fermée par le prolongement de la planchette à rainures; dans l'autre, l'objectif vient se superposer à l'ouverture excentrique, et c'est alors l'ouverture centrale qui est fermée. Dans cette seconde position, l'objectif entraîné par le mouvement circulaire vient prendre une position correspondant aux ouvertures fixes, de telle sorte que sur une même glace on peut prendre soit une seule vue, soit deux vues côte à côte, soit quatre vues formant deux stéréoscopes ou quatre vues différentes, et cela par le simple mouvement concentrique ou excentrique de l'objectif. Deux morceaux de carton coupés à la grandeur voulue se placent au-devant du châssis, dans une petite feuillure ménagée exprès, et servent d'écrans pour préserver les parties de la glace qui ne doivent pas recevoir d'image[2].

1. *Sitzungber. d. Wiener Acad. d. Wissench.*, 26, p. 66.
2. A. Davanne, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1874, p. 127.

M. Relandin[1] a perfectionné son modèle de chambre noire à soufflet tournant. Elle diffère de la chambre à soufflet tournant ordinaire en ce que la planchette porte-objectif peut s'incliner soit en avant, soit en arrière; selon les besoins, elle peut également soit s'élever, soit s'abaisser.

M. Roger[2], pour remplacer les bascules de la chambre noire, a eu l'idée de

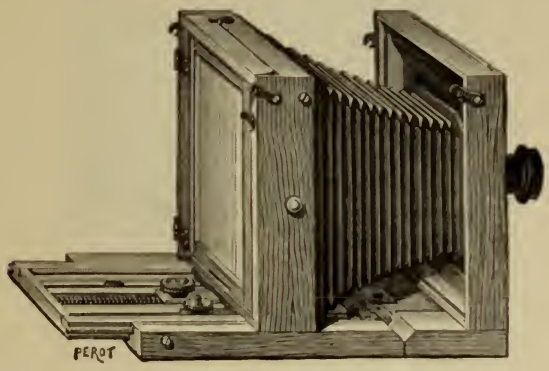



Fig. 183.

faire porter la partie postérieure de l'appareil sur une règle de bois, fixée par son centre au moyen d'un pivot à la queue de la chambre : il peut donc ainsi avoir un mouvement de bascule latéral. Cette partie postérieure est, en outre, maintenue sur les côtés par deux pièces en cuivre auxquelles elle est fixée au moyen de deux écrous sur lesquels elle peut pivoter, et l'on

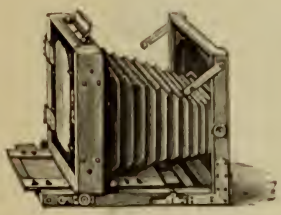


Fig. 184.

Fig. 185.

obtient ainsi le mouvement de bascule vertical des chambres ordinaires, mais bien plus facile et bien plus étendu. Comme la chambre est à soufflet tournant, les supports latéraux en cuivre peuvent se déplacer de façon à recevoir entre leur écartement le cadre de la chambre, aussi bien en long qu'en large. Leur forme et leur disposition sont telles que, quelle que soit la situation de la chambre, elles ne puissent en rien gêner la manœuvre des châssis.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1875, p. 323.
2. *Ibid.*, 1875, p. 63.

De plus, le cadre porte-châssis peut se porter soit à droite, soit à gauche, de telle sorte qu'on n'est plus obligé en photographiant un paysage de placer le point de fuite de la perspective toujours au centre de l'épreuve. A l'avant

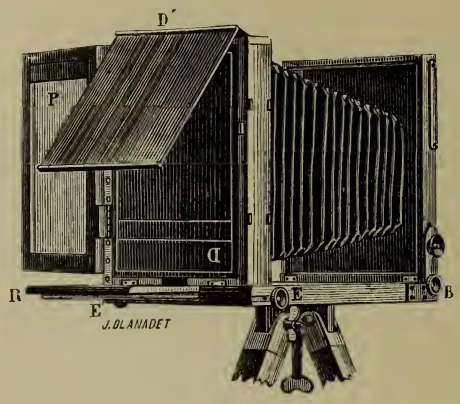



Fig. 186.

de cette chambre se trouve un cadre léger qui peut servir de support au voile noir et qui permet d'empêcher les rayons solaires de pénétrer directement dans l'objectif[1].

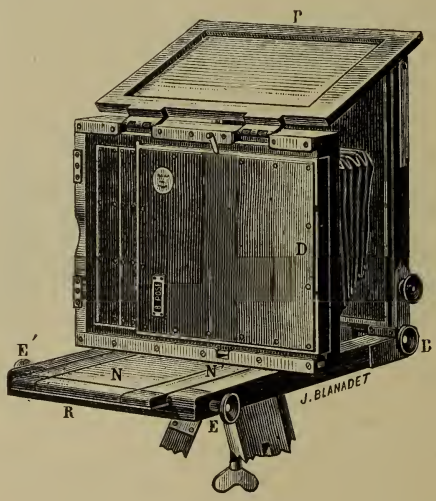



Fig. 187.

**107. Chambre à soufflet tournant.** — Le modèle de chambre noire à soufflet tournant est le modèle le plus employé en France. Cet

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1875, p. 175.

appareil est aujourd'hui construit par presque tous les ébénistes. La figure 183 représente l'appareil ouvert : la base ployante et rentrante permet de le transporter facilement (*fig. 184* et *185*). Dans quelques appareils destinés à être employés avec des objectifs à très long foyer, on donne une très grande longueur à la base ployante et rentrante.

La chambre noire à soufflet tournant ordinaire est remarquable-

Fig. 188.

ment exécutée par M. Jonte. Ce constructeur a introduit certains perfectionnements de détail dans la fabrication de cet appareil, perfectionnements dont l'utilité est incontestable. Le cadre à glace dépolie P (*fig. 186*) est fixé, à l'aide de charnières, au montant de la chambre noire, ce qui assure la conservation de cette partie de l'appareil ; les châssis négatifs s'introduisent facilement et s'appliquent avec la plus grande exactitude contre le cadre qui porte le soufflet, ce qui permet d'éviter toute infiltration de lumière : le volet de ce châssis D se rabat contre l'appareil et est maintenu dans cette position à l'aide d'un taquet, ce qui l'empêche d'osciller sous l'influence du vent.

La partie antérieure est susceptible de s'incliner plus ou moins et

d'être maintenue dans la position convenable à l'aide d'un bouton B. L'appareil permet d'obtenir des vues soit en hauteur, soit en largeur (*fig. 187*). La planchette qui porte l'objectif peut s'élever, de manière à excentrer par rapport à la glace dépolie l'axe de l'instrument. Au

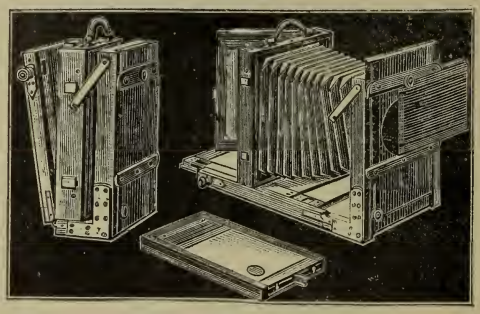


Fig. 189.

moment d'opérer, on visse l'appareil sur le pied à trois branches, on relève les crochets, on rend verticale la partie A (*fig. 188*) et l'on pousse la planchette qui fixe la base de la chambre noire; on enlève le châssis négatif qui sert à protéger la glace dépolie et qui se referme avec l'appareil.

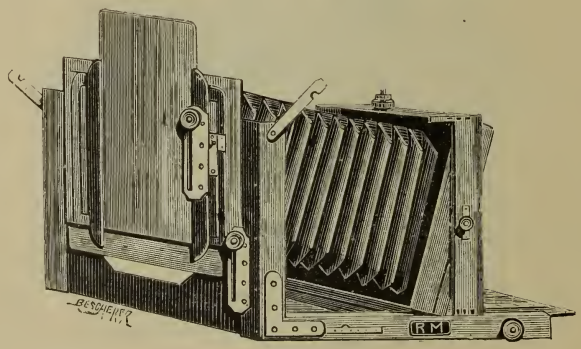



Fig. 190.

Plusieurs fabricants, parmi lesquels il convient de citer MM. Enjalbert, Martin, Sauret, Martinet, etc., ont adopté ce mode de construction.

On ajoute souvent au mouvement de glissement dans le sens vertical de la planchette porte-objectif un dispositif permettant un mouvement latéral (*fig. 189* et *190*). On peut, par ce moyen, amener la projection de l'axe de l'objectif à se trouver sur les bords de la surface sensible, et, par suite, si l'on masque une portion de cette surface, on pourra faire successivement plusieurs cli-

chés sur la même plaque. C'est là un mouvement qu'il est quelquefois utile d'employer; en particulier, il permet d'obtenir des épreuves stéréoscopiques avec un seul objectif : c'est donc une sorte de multiplicateur.

M. Rückert[1] a construit une chambre noire dont la partie antérieure

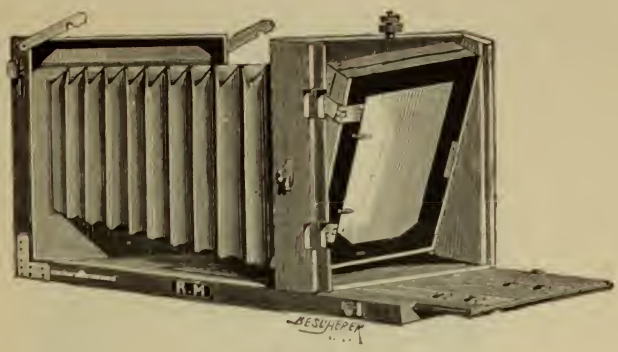



Fig. 191.

présente un dispositif permettant de faire deux cartes albums ou quatre cartes de visite sur une plaque 15×21.

M. Martinet-Rückert fabrique toutes ses chambres noires avec la planchette porte-objectif munie des deux mouvements (*fig. 190*). Toutes ces chambres noires présentent le double mouvement de bascule (*fig. 191* et

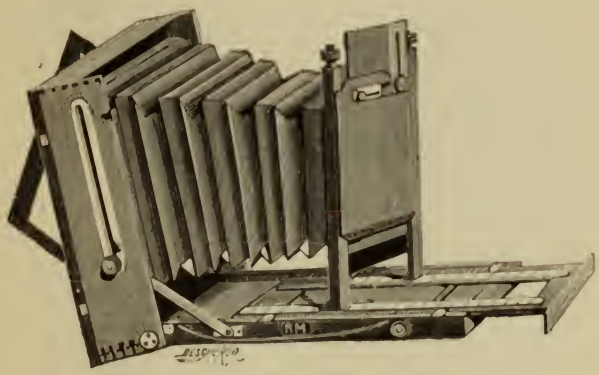



Fig. 192.

*192*). La construction générale de ces appareils, semblable à celle des appareils anglais, permet de retourner le cadre d'arrière.

M. Henry fabrique les chambres noires de voyage à soufflet rectangulaire, ce qui permet un déplacement de la planchette porte-objectif, même avec les objectifs à grand angle. Ce déplacement s'effectuant indépendam-

2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 118.

ment du soufflet, on n'a pas à craindre que les rayons utiles soient arrêtés par ce dernier. Cette chambre noire peut se placer soit en hauteur, soit en largeur sur la base qui est rentrante. Elle peut être munie d'un chariot additionnel à châssis multiplicateur, dans lequel s'introduisent les châssis à rideaux qui accompagnent l'appareil. Ce modèle de chambre noire peut alors servir pour les portraits à faire dans l'atelier.

M. Pélegry[1] a imaginé une chambre noire qui se monte très rapidement

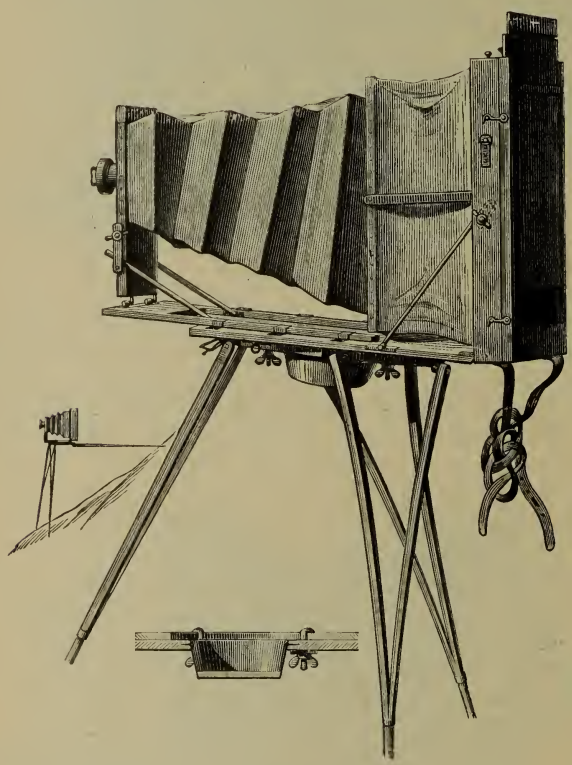


Fig. 193.

et qui est fort légère. Comme aspect général, elle rappelle la chambre de Kinnear, mais elle en diffère en ce qu'elle porte à l'arrière un soufflet ou un seul pli de soufflet qui forme une boîte rectangulaire ayant pour but d'empêcher que la lumière ne soit arrêtée sur les bords de la surface sensible. L'objectif et le voile noir peuvent se loger dans une cavité faisant partie du triangle auquel on adapte le pied (*fig. 193*).

1. *La Photographie des peintres, des voyageurs et des touristes.* Gauthier-Villars, Paris, 187.).

**108. Chambres noires anglaises.** — Les modèles de chambre noire qui ont paru en Angleterre sont extrêmement variés, parce que le nombre d'amateurs photographes a été de tout temps plus considérable en Angle-

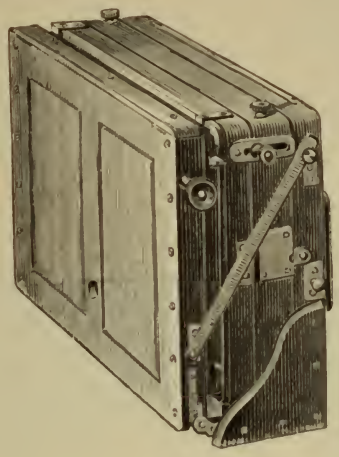


Fig. 194.

terre qu'en tout autre pays. Meagher, Rouch, Sheperd, Melhuis, Ottewill ont indiqué depuis fort longtemps[1] des dispositifs d'appareils extrêmement

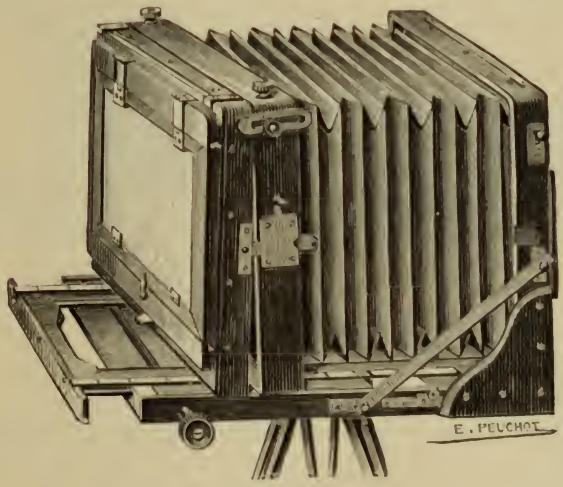



Fig. 195.

pratiques. Hare, Watson et plusieurs autres constructeurs ont perfectionné ces appareils, qui dans le début étaient fabriqués sans que la légèreté fût

1. *British Journal of Photography*, 7, p. 315.

regardée comme une condition nécessaire. Les anciens modèles (*fig. 194* et *195*) étaient à soufflet carré ; la glace dépolie pouvait se placer dans l'un ou l'autre sens ; depuis quelque temps, on semble donner la préférence à la chambre noire à soufflet tournant qui, repliée, offre un modèle bien plus réduit que celui présenté par le format carré (*fig. 196*). Toutes ces chambres noires sont à base ployante, double tirage, et la planchette d'objectif peut se mouvoir verticalement et latéralement.

M. Ross livre des chambres noires assez semblables aux précédentes : les unes sont avec soufflets rectangulaires ; la mise au point peut être obtenue

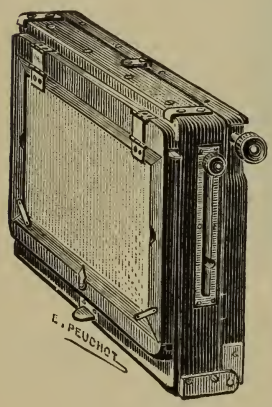



Fig. 196.

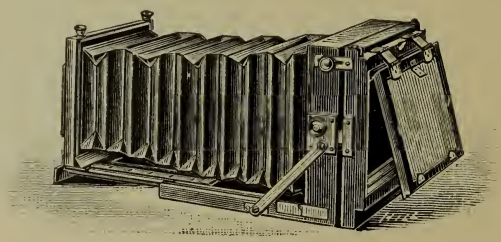


Fig. 198.

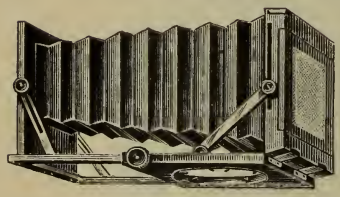


Fig. 199.

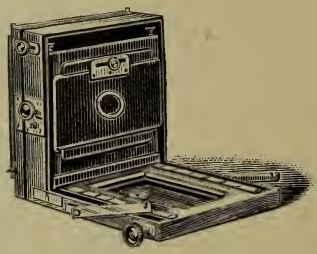


Fig. 197.

en manœuvrant un pignon et une double crémaillère, la partie qui porte l'objectif restant fixe ; dans d'autres modèles, au contraire (*fig. 197* et *198*), c'est le châssis à glace dépoli qui est fixe pendant la mise au point, la planchette porte-objectif étant reliée à un chariot actionné par une double crémaillère. Dans les modèles les plus nouveaux (*fig. 199*), le triangle qui sert à réunir les tiges du pied de la chambre fait corps avec la base de celle-ci ; l'épaisseur de l'appareil est ainsi diminuée, et le montage s'effectue plus rapidement.

MM. Watson et fils ont récemment[1] mis en vente une chambre

1. En janvier 1889.

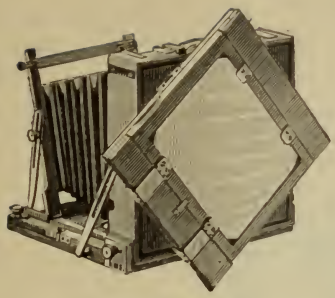


Fig. 200.

Fig. 201.

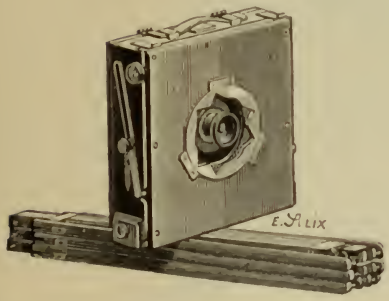



Fig. 202.

Fig. 204.

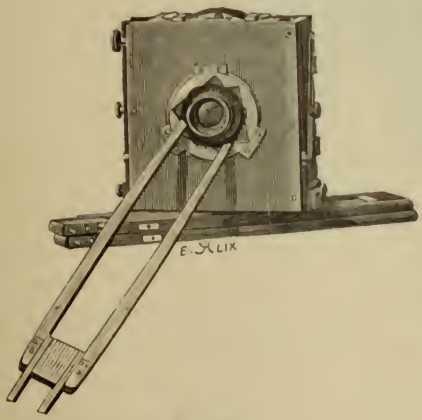



Fig. 203.

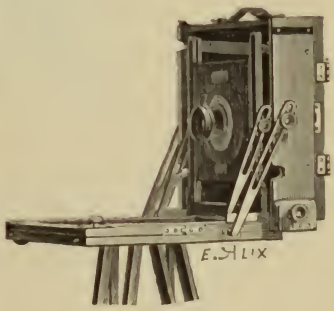



Fig. 207.

noire qu'ils désignent sous le nom de « The Acme ». Cet appareil présente les dispositifs reconnus comme les plus pratiques pour les opérations à effectuer en excursion ; cette chambre noire présente un tirage considérable sur une base rentrante plus longue que le double

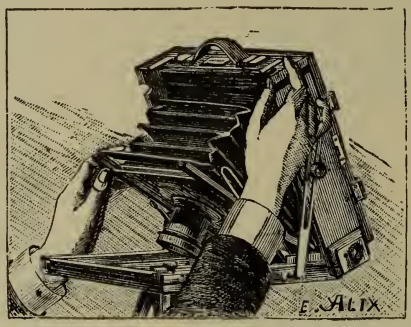



Fig. 205.

du plus grand côté de l'épreuve. Grâce à un dispositif des plus ingénieux (qui existe dans les nouvelles chambres noires de M. Jonte), on peut se servir d'objectifs à très court foyer sans que la partie mobile de la base vienne cacher les premiers plans ; en effet, le cadre à glace

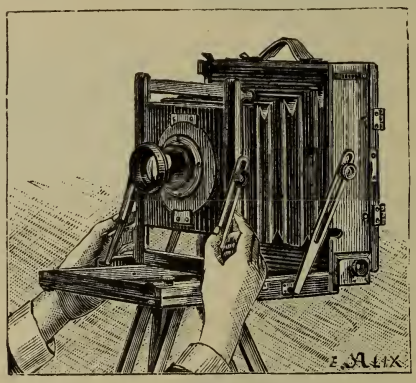



Fig. 206.

dépolie est mobile sur la partie fixe du chariot, peut se fixer en un point quelconque de ce chariot et venir presque au contact de la planchette porte-objectif. Cette planchette est fixée à l'aide de charnières à l'extrémité de la base rentrante, contre laquelle elle vient se rabattre lorsqu'on veut fermer l'appareil. Le cadre à glace dépoli et la

planchette porte-objectif peuvent se mouvoir autour d'un axe horizontal. Ce mouvement remplace jusqu'à un certain point le mouvement de bascule.

M. P. Nadar a livré, sous le nom de « *chambres express* », diverses chambres noires qui, par suite de la construction particulière du cadre qui supporte la glace dépolie, permettent de changer rapidement la disposition de l'appareil pour opérer soit en hauteur, soit en largeur : il suffit, en effet, d'appuyer sur un ressort pour faire passer le cadre, et cela sans mouvement de recul, d'une position à l'autre (*fig. 200*). Les figures 201 et 202 représentent l'appareil fermé et son pied disposé pour le transport : l'objectif reste fixé à la chambre pendant

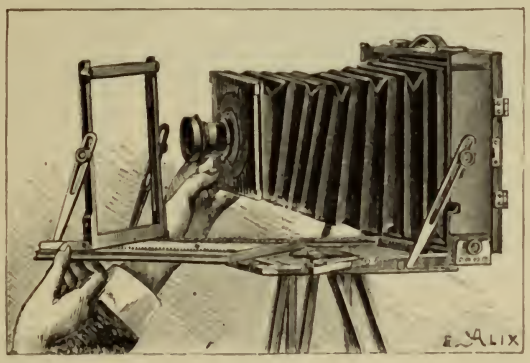



Fig. 207.

le transport. Un des premiers appareils présentant ce détail de construction a été établi par Koch, d'après les données de M. Davanne[1], mais dans la chambre de Koch l'objectif était à l'intérieur. Pour mettre en station la chambre express, on commence par fixer les trois branches du pied, qui s'ajustent par écartement dans la rondelle de la base de la chambre noire (*fig. 203*). Cette rondelle sert de tête de pied ; elle fait corps avec la chambre noire et permet de la faire tourner autour d'un axe vertical passant par le centre de la rondelle (*fig. 204*). On dégage les ressorts A et B, et on relève simultanément l'arrière et l'avant de la chambre noire (*fig. 205*) ; l'appareil présente alors son minimum de tirage, la mince épaisseur du soufflet replié séparant seule la planchette de l'objectif de la glace dépolie (*fig. 207*). La chambre est alors placée horizontalement. On constate qu'elle est dans cette

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, p. 5.

situation à l'aide d'une flèche mobile de cuivre, qui tient lieu de fil à plomb. On développe alors le soufflet en faisant coulisser d'abord dans ses rainures la planchette porte-objectif *(fig. 206)* ; on termine

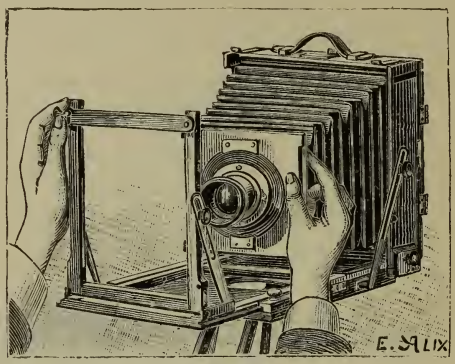



Fig. 208.

la mise au point en s'aidant de la crémaillère qui est fixée au chariot. Si l'on se sert d'objectif à très long foyer, il devient utile de retourner le chariot sur lequel est monté la crémaillère ; on y parvient à l'aide d'une vis qui dégage la rainure du chariot monté à crémaillère.

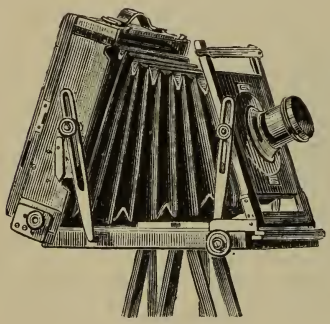


Fig. 209.

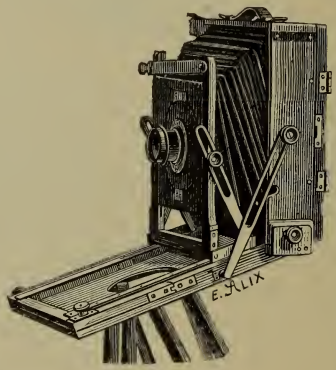



Fig. 210.

Cette vis est placée sur le côté gauche de la base. Le levier qui maintient écartés les deux montants au moyen d'un serrage excentrique est soulevé ; la planchette à laquelle est fixée le soufflet est relevée de ses encoches (*fig. 207*) ; on enlève le chariot à crémaillère et on le place dans l'autre sens (*fig. 208*). On obtient alors un tirage considérable (55 centimètres pour une chambre 13 × 18), qui permet de

déplacer beaucoup et sans inconvénients la planchette porte-objectif dans le sens vertical. Ce déplacement permet de faire deux poses sur la même plaque en plaçant une simple feuille de métal ou de carton entre le châssis négatif et la chambre noire.

L'avant et l'arrière de la chambre noire peuvent être plus ou moins

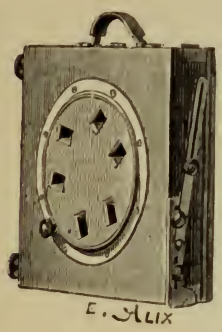



Fig. 211.

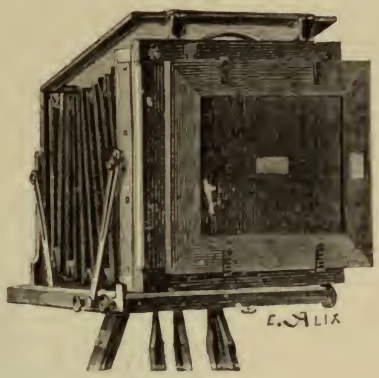



Fig. 212.

inclinés sur la verticale : l'arrière de l'appareil peut pivoter autour d'un axe horizontal (*fig. 209*).

Pour se servir d'objectifs à très grand angle, on incline très fortement la base de la chambre noire (*fig. 210*) : alors, à l'aide des mou-

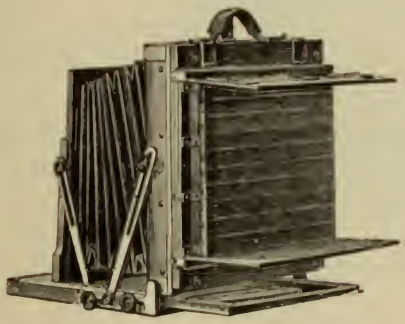


Fig. 213.

vements de bascule, on rétablit la verticalité de l'avant et de l'arrière, de façon à ne pas avoir de déformation.

Tout l'appareil avec le pied et les châssis se renferme dans un sac de toile imperméabilisée : dans l'intérieur du sac se trouve une place pour les objectifs de rechange (*fig. 201*). Les châssis sont assujettis

à la chambre par un taquet à ressort qui les empêche de se soulever quand on ouvre le volet pour l'exposition, et les volets mêmes sont pourvus de ressorts qui, tout en assurant la complète fermeture, empêchent aussi qu'ils ne soient ouverts ailleurs que dans la chambre noire.

La chambre Mac Kellen, qui jouit d'une très grande faveur en Angleterre, présente de nombreux points de ressemblance avec toutes les chambres anglaises. Cet appareil possède le double mouvement de bascule et la tête du pied fait corps avec la chambre même ; l'épaisseur de la chambre noire est extrêmement réduite (*fig. 211*); elle se met en station comme les autres chambres anglaises *(fig. 212)*. Le

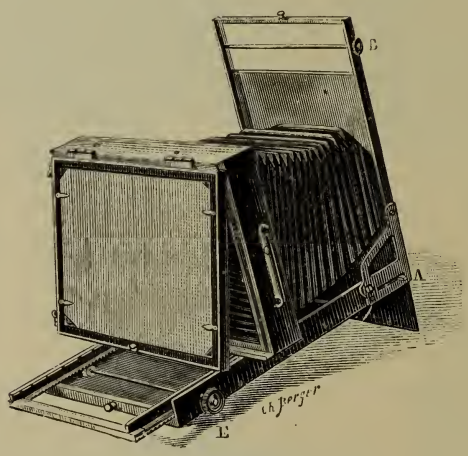



Fig. 214.

cadre à glace dépolie peut recevoir un système de deux volets qui sert à protéger le verre dépoli et qui dispensent de l'emploi du voile noir pour mettre au point (*fig. 213*).

**109. Chambres noires métalliques.** — Melhuis[1] a montré qu'un appareil en acajou qui pèserait seize livres n'en pèserait que douze s'il était en laiton, et trois seulement s'il était en aluminium. Il a construit une chambre stéréoscopique pour épreuves de 16 × 8 centimètres. La chambre, six châssis doubles pour plaques sèches, deux objectifs pour vues et portraits, peut être enfermée dans une boîte de cuir de 17 centimètres de long, 8,5 de large et 20 centimètres de profondeur. Une telle chambre en aluminium ne pèse pas plus de 900 grammes.

1. *Phot. News*, 17 fév. 1860, et *British journ. of Phot.*, vol. 7, p. 1.

Voigtlander[1], dès les premiers temps du daguerréotype, avait construit des chambres noires présentant la forme d'un tube cylindrique ou cylindre conique en laiton. Bertsch, en 1860, fit fabriquer des chambres en métal, à mise au point fixe (chambre automatique).

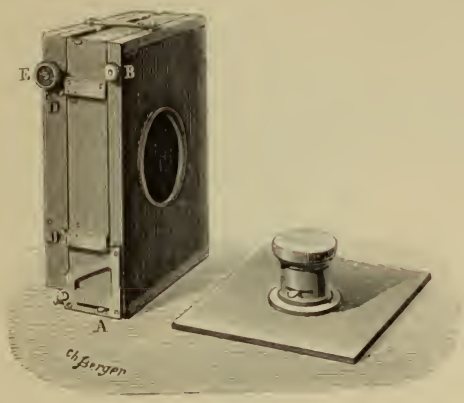



Fig. 215.

M. Conti a établi des chambres noires dont la charpente est entièrement en cuivre nickelé. Le cadre antérieur, celui qui porte l'objectif, est renforcé par une planchette de métal servant à fixer le soufflet. La perpendicularité de ce cadre sur la base de la chambre noire est assurée à l'aide d'une

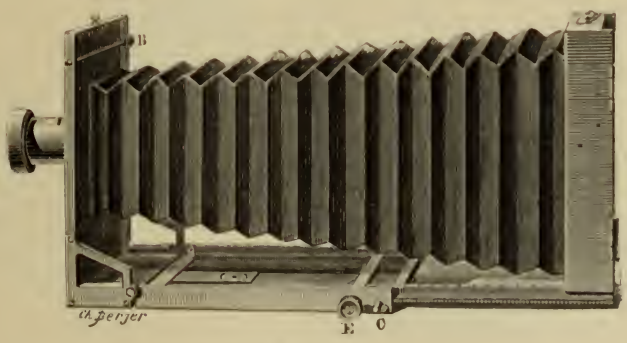



Fig. 216.

équerre A (*fig. 215*). Le cadre postérieur contient la glace dépolie mobile autour de charnières (*fig. 214*) et pouvant être remplacée par un châssis double en bois. La chambre est à soufflet tournant : deux cliquets DD permettent de la fixer sur la base rentrante; une double crémaillère per-

1. *Dingler's Polytechn. Journ.*, 1842, vol. 83, p. 85 et 187.

met la mise au point d'une façon très exacte; un petit levier C sert à arrêter la base après la mise au point (*fig. 215*). Fermée, cette chambre noire occupe un très petit volume; les formats 13 × 18 et 18 × 24 ont 7 centimètres d'épaisseur[1].

Vavasseur[2] avait construit pour les épreuves instantanées une chambre noire dont presque toutes les parties en bois étaient remplacées par des tubes en métal, ce qui diminuait considérablement le volume et le poids. Il n'y avait en bois que le porte-châssis et la planchette recevant l'objectif.

Fig. 217.

**110. Chambres noires à tirage fixe.** — Lorsqu'on doit se servir d'un seul objectif et que l'appareil est destiné à obtenir des clichés de paysage, reproductions de monuments, etc., la mise au point s'effectue une fois pour toutes, car si l'objectif est de petite dimension, par l'emploi d'un diaphragme suffisamment étroit, on peut obtenir la netteté des premiers plans en même temps que celle des objets éloignés. Dans ce cas, la glace dépolie se place toujours à la

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 213.
2. *Ibid.*, 1886, p. 175.

même distance de l'objectif et la base rentrante devient inutile, ce qui permet de réduire le poids de l'appareil.

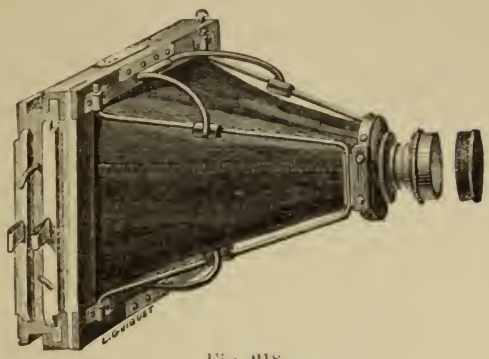


Fig. 218.

Les premières chambres noires qui ont été fabriquées pour le daguerréotype étaient sans tirage : la mise au point s'effectuait par le glissement du tube de l'objectif dans le tube de monture. Plus tard, ce mouvement acquit plus de précision par l'emploi d'une crémaillère. Dans ces chambres noires, l'image était redressée à l'aide d'un miroir incliné à 45° sur l'axe de l'objectif placé à l'intérieur de la chambre noire : l'image se formait sur une

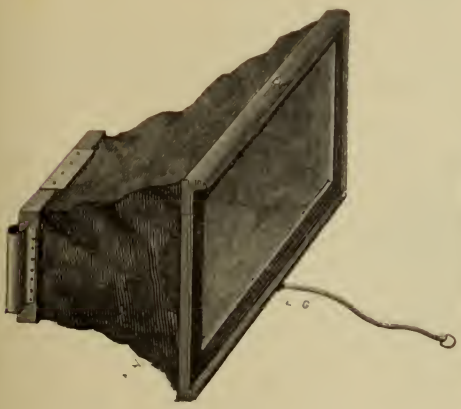


Fig. 218.

Fig. 219.

glace dépolie placée à la partie supérieure de l'appareil. Sutton[1], vers 1852, employa le premier ce miroir comme obturateur instantané, disposition qui a été reprise tout récemment par Smith.

S. Pons a imaginé une chambre noire à tirage fixe extrêmement légère,

1. Dr Eder, *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I, p. 358.

sans base rentrante et dont le soufflet est remplacé par un sac de peau doublé d'une étoffe noire; les détails de l'appareil sont indiqués sur la figure 217. Plücker a décrit sous le nom de *stéréographe* de poche[1] un appareil extrêmement léger et permettant d'obtenir des épreuves de 11 × 15 centimètres. Dubroni a repris la construction de cet appareil (*fig. 218*) pour diverses dimensions de plaques : l'objectif peut glisser dans le coulant de sa monture pour effectuer la mise au point dans des limites suffisantes. Le Dr Candèze[2] a désigné sous le nom de *scénographe* (*fig. 218*) une chambre noire dont les parois peuvent être tendus à l'aide de deux trapèzes de bois (*fig. 219*). Le verre dépoli, ainsi que les châssis à plaque, se glissent dans une rainure placée au cadre d'arrière de la chambre noire; l'appareil se fixe sur un pied canne à trois branches, un fil à plomb (*fig. 220*) permet de s'assurer de la verticalité du cadre à plaques.

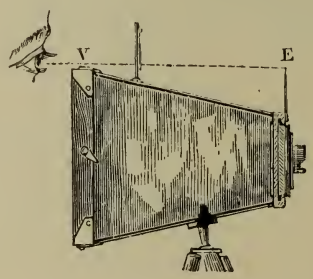



Fig. 220.

Plusieurs constructeurs ont établi des appareils basés sur les mêmes principes : la forme générale de tous ces appareils est représentée par la figure 221.

Divers perfectionnements ont été apportés au stéréographe de M. Plücker et au scénographe du Dr Candèze. M. de la Laurencie a adopté la dimension 13 × 18 centimètres. La planchette porte-objectif avec coulisse pour excentrer celui-ci est en acajou; le soufflet est formé de deux doubles de satinette avec peau mince en dehors. Cette pièce est montée en haut sur un léger cadre en laiton; en bas, sur un petit cadre d'acajou, lequel supporte deux tendeurs rigides en fil d'acier. Le cadre en laiton se glisse à frottement dans les replis de deux gouttières d'une planchette et les tendeurs viennent s'arc-bouter dans ces gouttières où les arrêtent deux petits verrous extrêmement simples. Une enveloppe de laiton mince obturée par une feuille de placage à fibres contrariées, se glissant dans une petite rainure pratiquée sur le cadre inférieur du soufflet, y forme un vide que vient remplir comme un tiroir le châssis double. Ce châssis comporte une rainure intérieure dans laquelle se glissent aisément deux glaces ordinaires et un papier noir pour les séparer, ou bien deux pellicules ou papiers tendus sur deux cartons formant ressort de tension. Les deux feuilles négatives, allon-

1. *Bulletin belge de la photographie*, 1871, p. 57.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1874, p. 34.

gées et réunies par des bandes de papier gommé, sont repliées sur les cartons, comme on opère en recouvrant par précaution la reliure d'un livre. En fermant alors les cartons l'un sur l'autre la tension s'opère et l'on glisse le tout dans le châssis.

Les deux rideaux ou volets sont en carton bristol solidement nervé par

Fig. 221.

une étoffe de soie collée dessus et glissant chacun dans une rainure spéciale formée d'un petit trait de scie; des ressorts plats forcent ces rideaux à adhérer au châssis du côté de l'ouverture. La mise au point est automatique. Si l'on emploie divers objectifs, on se sert de soufflets supplémentaires, et si les objets sont très rapprochés, on adapte aux montures des objectifs une disposition spéciale donnant une graduation pour chaque distance. Un chercheur à cadre rectangulaire permet de voir immédiatement

la disposition du sujet à reproduire. Cet appareil est l'un des plus légers et des plus pratiques qui aient été construits[1].

Sous le nom de polygraphe à foyer mobile, M. Arwin[2] a établi une chambre noire qui ne diffère du stéréographe Plücker ou du scénographe Candèze que par l'addition d'un soufflet à l'arrière de ces appareils, ce qui donne une plus grande latitude pour la mise au point.

### § 3. — CHAMBRES NOIRES A MAIN.

**111.** Les divers appareils que nous venons de décrire se placent sur des pieds plus ou moins volumineux, suivant la chambre noire

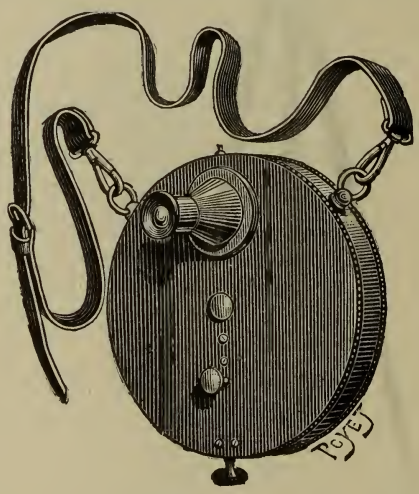



Fig. 222.

qu'ils doivent supporter. Mais depuis que l'emploi des plaques rapides au gélatino-bromure s'est répandu, un très grand nombre de constructeurs ont cherché à établir des modèles de chambres noires, munies d'objectifs rapides et d'obturateurs instantanés permettant d'opérer en tenant l'appareil à l'aide des mains : de là le nom de « chambres noires à main » que l'on donne à ces instruments.

Quelques essais avaient été tentés autrefois dans le but d'obtenir rapidement des photographies à l'aide d'instruments très lumineux. Skaife avait fait breveter[3] un appareil destiné à prendre des vues instantanées ; on tenait

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1884, p. 321.
2. *Ibid.*, 1886, p. 201.
3. *Journal of the Photographic Society London*, août 1858, et *Kreutzer's Zeitscht. f. Phot.*, 1861, vol. III, p. 44.

la chambre à la main, et on la maniait avec autant de facilité qu'un revolver. Dumont[1] avait imaginé un appareil permettant d'obtenir rapidement douze clichés successifs : il plaçait les surfaces sensibles sur un tambour qui venait les présenter l'une après l'autre à la place de la glace dépolie. Thomson[2] a construit une chambre qui donnait quatre portraits médaillons instantanés par le procédé primitif au collodion. Après avoir fait chaque épreuve, on tournait une boite mobile sur un axe pour amener en place la portion de surface sensible que l'on voulait faire poser. W. Campbell a employé un appareil établi dans des conditions analogues[3].

Bertsch[4] s'était servi d'une chambre noire à foyer fixe, dont l'objectif était muni d'un obturateur instantané à guillotine.

Enjalbert a repris la fabrication du revolver photographique et a cons-

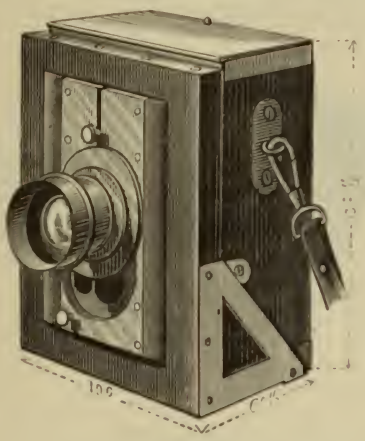


Fig. 223.

truit un instrument très portatif permettant d'obtenir douze clichés sur plaque carrée de deux centimètres de côté. Ces clichés peuvent être agrandis. Fetter a combiné un appareil permettant d'obtenir une série de vues sur la même plaque (*fig.* 222) : il est facile à dissimuler et n'est pas encombrant. Il en est de même de celui construit en Amérique, donnant de petites images.

La chambre noire qui constitue cet appareil, de dimensions extrêmement réduites, est en forme de cuirasse et peut se placer facilement sous une redingote. L'objectif figure un des boutons. On l'ouvre et on le ferme en tirant un cordon invisible qui vient aboutir dans la poche. La plaque reçoit par le même moyen un mouvement de rotation qui permet de prendre huit vues successives sur la même plaque[5].

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, page 35.
2. *Ibid.*, 1862, page 185.
3. *Ibid.*, 1860, page 209.
4. *Seely Amer. Jour.*, vol. II, p. 311.
5. *Phot. Arch.*, 1886, p. 136.

M. Enjalbert[1] a construit un appareil destiné à obtenir des vues instantanées : c'est une chambre noire à soufflet et à base ployante. Quand on veut opérer, il suffit de presser les deux équerres en acier pour faire basculer la planchette-support qu'on fixe ainsi très solidement, on accroche la planchette porte-objectif, on arme l'obturateur, et, comme la glace se trouve à découvert dans le châssis et que les châssis sont placés les uns derrière les autres dans l'intérieur de la chambre, l'appareil est très rapidement prêt à fonctionner. Il est muni d'un objectif aplanétique avec obturateur instantané à bouton de déclenchement (*fig. 223*).

Les châssis contenant les glaces sont des cadres en tôle, en forme de cuvette ; le dernier châssis porte une fente longitudinale qui permet de reconnaître et de vérifier à tout instant le nombre des glaces employées.

Pour substituer une glace à celle qui a subi l'impression lumineuse, on soulève le couvercle métallique placé au-dessus des châssis, on relève le sac

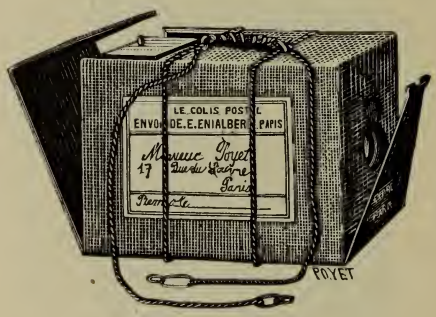



Fig. 223.

de toile noire et on tourne la manette placée à la partie inférieure : le premier châssis est soulevé, *on rabat la manette*, et on fait passer le châssis dans le sac de la première place à la dernière, les autres dans la place laissée libre par le mouvement en avant des châssis.

Pour dissimuler cet appareil appelé l'*Alpiniste*, M. Enjalbert le renferme dans une boîte ficelée comme un colis ordinaire. Au moment d'opérer, on déplace la partie de la ficelle qui est en avant ; une partie de la boîte se rabat et découvre l'objectif ; on vise l'objet à saisir, et, par un petit trou qui est en dessous, on agit sur la détente de l'obturateur (*fig. 224*).

M. J. de Neck[2] avait imaginé un appareil à extracteur dont le magasin à glaces présentait une grande analogie avec celui de l'Alpiniste de M. Enjalbert ; mais les glaces étaient placées dans un véritable châssis à volet, ce qui augmentait le volume de l'appareil.

M. David[3] a construit un châssis-magasin consistant en une boîte dans laquelle sont placés, les uns derrière les autres, des cadres métalliques portant soit les glaces, soit les pellicules ; au-dessus de la glace se trouve un

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 78.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1885, p. 211.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 206.

sac dans lequel on fait pénétrer le cadre contenant la glace qui a subi l'action de la lumière.

La chambre à main, construite par M. Gilles[1] frères, est à foyer fixe et à soufflet. Elle peut se placer dans une gaine en maroquin qui la dissimule complètement. Cette gaine se développe avec la chambre, de manière qu'il n'est pas nécessaire de retirer la chambre noire de sa gaine pour opérer.

Les étuis dits *à robinet* qui accompagnent cette chambre contiennent les plaques ou pellicules soit avant, soit après leur exposition dans la chambre noire. Ces étuis sont fermés au moyen d'un cylindre encastré dans la partie de l'étui réservée pour l'entrée et la sortie des plaques. Ce cylindre est percé par une mortaise longitudinale de longueur et largeur nécessaires pour permettre à la plaque de la traverser et d'entrer dans l'étui ou d'en sortir lorsque, faisant tourner ce cylindre, on place sa mortaise devant l'ouverture de l'étui. Il ferme au contraire hermétiquement l'étui lorsque, faisant un

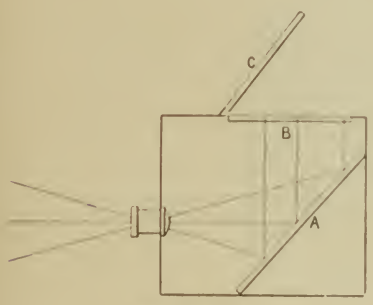



Fig. 225.

Fig. 227.

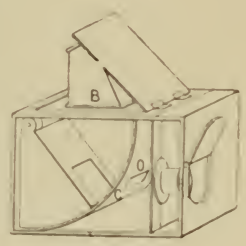



Fig. 226.

quart de tour, la partie pleine vient se placer devant l'ouverture de l'étui. Le fond de la chambre noire porte à sa partie supérieure une ouverture destinée à permettre l'introduction de la plaque à exposer. Cette ouverture est fermée, comme celle des étuis, par un robinet cylindrique. On opère avec cet appareil comme avec toutes les boîtes à escamoter.

M. Manenizza[2], de Trieste, a construit une chambre noire qui permet de photographier immédiatement après la mise au point, en supprimant la manipulation habituelle du changement de châssis. Le principe de l'appareil est le suivant : pendant la mise au point, le châssis à plaque sensible est à sa place au fond de la chambre noire et ouvert ; mais devant la plaque se trouve un tiroir métallique à 45°, qui réfléchit tous les rayons transmis par l'objectif et les envoie former l'image sur une glace dépolie placée sur le côté de la chambre noire. Au moment où on veut poser, on n'a qu'à agir sur un bouton : le miroir tourne autour d'un axe vertical, se rabat sur la glace dépolie et découvre la plaque sensible. Après la pose, qui peut être très courte, on abandonne le bouton et un ressort ramène le miroir dans sa position première.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 49.
2. *Phot. Corresp.*, 1884, p. 33.

L'appareil de Smith est basé sur le même principe. Un prisme ou un miroir, placé à l'intérieur d'une chambre noire, remplit par sa mobilité la double fonction de réflecteur et d'obturateur (*fig. 225*).

La chambre est partagée en deux compartiments par une cloison cintrée C, placée à l'arrière de l'objectif (*fig. 226*), vis-à-vis duquel elle présente une

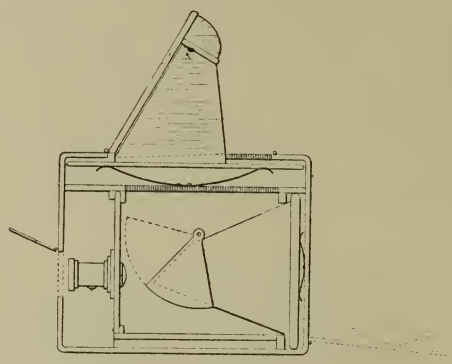


Fig. 228.

petite ouverture rectangulaire. Le miroir est fixé sur la paroi antérieure d'une sorte de boîte ayant la forme d'un segment de cercle et fermé sur quatre faces seulement. L'une de ces faces est cintrée (*fig. 227*) ; elle épouse exactement la courbe de la cloison C et peut servir ainsi d'obturateur se mouvant à la main.

M. E. Tourtin[1] a perfectionné cet appareil en réduisant son volume et

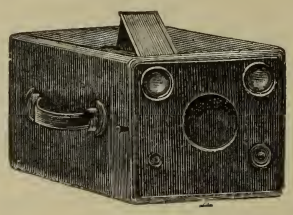


Fig. 229.

se servant d'un obturateur métallique au lieu de l'obturateur primitif qui était en bois (*fig. 228*).

Sutton[2] avait employé, pour les vues instantanées, une chambre noire à miroir incliné il y a fort longtemps (vers 1860).

M. Mendozza[3] a imaginé une chambre à main dont les deux viseurs sont disposés de telle sorte qu'on ne regarde pas les personnes qu'on veut photo-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 143.
2. Eder, *Ausführliches Handbuch der Photographie*, I, p. 358.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1888, p. 68.

graphier. L'un des viseurs sert pour les images en hauteur, l'autre pour les images en largeur. Le tout est enfermé dans une boîte ne ressemblant pas à un appareil photographique (*fig. 229*).

Pour pouvoir opérer sans être remarqué, M. de Chennevière[1] a donné à la chambre noire la forme d'une serviette d'avocat : au moment d'opérer, on l'ouvre comme si on voulait prendre quelque chose dans la serviette.

Presque toutes ces chambres noires sont connues en Angleterre et en Amérique sous le nom de « chambre détective », nom sous lequel elles ont été décrites pour la première fois par M. Bolas[2]. Toutes ces chambres sont munies d'un viseur pour permettre l'orientation exacte de l'appareil.

L'express détective Nadar tient à la fois des chambres à mise au point variable et des chambres à foyer fixe (*fig. 230*). Elle est spécialement cons-

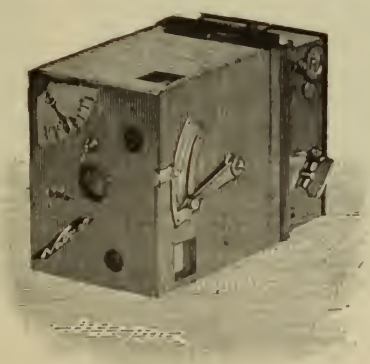


Fig. 230.

truite pour servir avec le châssis à rouleaux Eastmann, mais peut aussi recevoir des châssis à glaces. Une aiguille se mouvant sur un cadran gradué permet de mettre au point d'après la distance approximative qui sépare l'opérateur du sujet à photographier avec un objectif de foyer connu. L'appareil se renferme dans une gaine en maroquin ; il est muni de deux viseurs et d'un obturateur instantané ; les viseurs ne laissent apercevoir le sujet à photographier que lorsque l'obturateur est armé ; cet obturateur fonctionne sous la simple pression d'un bouton. Les viseurs sont disposés de telle sorte que l'on puisse photographier en tournant complètement le dos au modèle dont on n'éveille pas ainsi l'attention. La chambre est maintenue de la main gauche sans qu'il soit nécessaire de la porter à hauteur de l'œil pour viser.

Le nouveau modèle représenté par la figure 231 peut recevoir des chassis pour glaces au gélatino-bromure.

On a construit d'autres modèles de chambres à main destinées à obtenir des clichés sur papier ; une des plus ingénieuses est la chambre américaine le « Kodak »

Cet appareil[3], construit par la compagnie Eastmann, permet d'obtenir cent

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1888, p. 92.
2. *Phot. News*, 1881, p. 234.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 48.

épreuves instantanées sur papier négatif. L'obturateur présente cette particularité qu'il reste toujours fermé lorsqu'on l'arme ; il est assez rapide pour prendre des sujets en mouvement. Les épreuves que fournit l'appareil ont

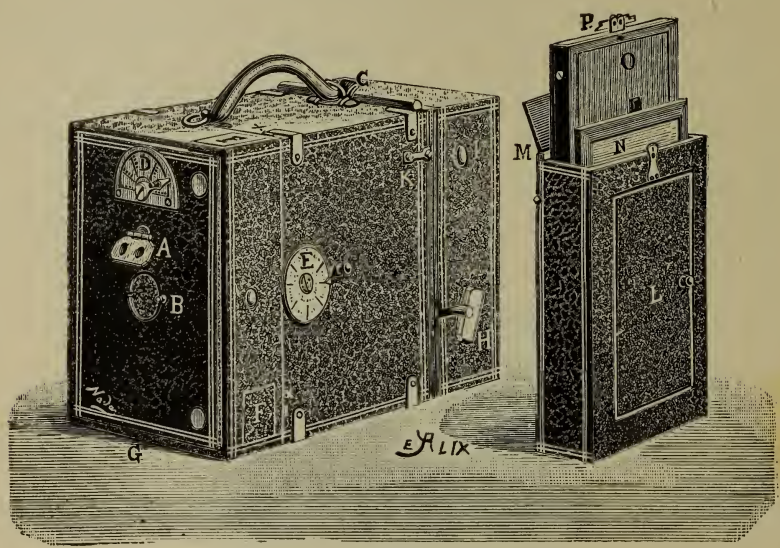



Fig. 231.

0m065 de diamètre. Le poids de l'appareil tout chargé est de 640 grammes : les dimensions : 17 centimètres de long, 95 de haut et 8 de large. Nous avons souvent constaté que sa forme extérieure n'éveille pas en public l'idée de l'instrument photographique.

Les opérations à effectuer au dehors sont les suivantes : armer l'obtura-

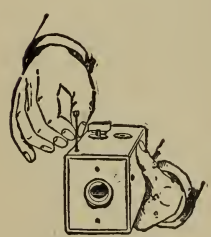


Fig. 232.

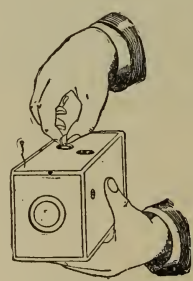


Fig. 233.

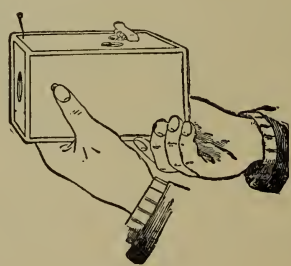


Fig. 234.

teur en tirant la corde (*fig. 232*), tourner la clef du châssis à rouleau pour amener une autre surface sensible en face de l'objectif (*fig. 233*), presser le bouton de déclenchement en visant le sujet que l'on veut photographier (*fig. 234*).

L'appareil imaginé par M. Hickel et désigné sous le nom de *cryptographe* présente ceci de particulier que son montage s'effectue en moins d'une seconde. La chambre 9 × 12 centimètres peut facilement se mettre dans une poche, et un châssis double se trouve toujours en permanence dans l'appareil. Il est muni d'un objectif rectiligne et d'un obturateur dont le déclenchement se fait sans bruit, de manière à ne pas attirer l'attention.

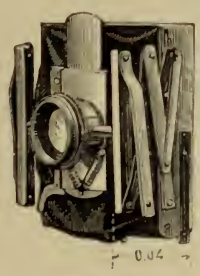



Fig 235.

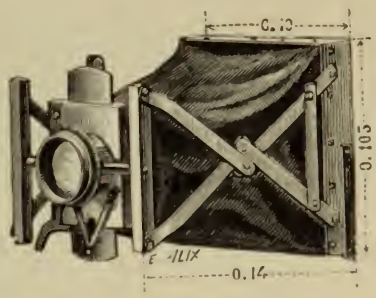



Fig. 236.

L'omnigraphe de M. Hanau est composé d'une chambre noire à tirage fixe (*fig. 235*) et d'une boîte à châssis; diverses tiges transversales maintiennent le soufflet constitué par un sac d'étoffe, et assurent le parallélisme de la planchette porte-objectif avec l'arrière de la chambre noire (*fig. 236*). Dans quelques cas spéciaux, lorsqu'il s'agit par exemple de photographier des sujets très rapprochés, on peut, à l'aide du coulant de l'objectif, effectuer

Fig. 237.

la mise au point. L'objectif est, d'ailleurs, muni d'un obturateur instantané. Le châssis-boîte constitue la partie la plus originale de l'appareil : il est formé par une boîte de bois dans laquelle glisse une autre boîte en métal nickelé à poignée. La boîte renferme douze cadres métalliques contenant les glaces sensibles. Pour effectuer le changement des glaces, on tient la boîte horizontalement, de telle sorte que le compteur des glaces se trouve en dessous ; on écarte le ressort qui se trouve sur le côté, on tire un peu brusquement la boîte nickelée qui entraîne la plaque qui vient de poser : on doit entendre tomber cette plaque dans le fond de la boîte. En remettant en

place la boîte nickelée (*fig. 237*), la seconde plaque se trouve être la première : elle est placée tout contre le volet du châssis-boîte, et la plaque qui avait reçu l'impression lumineuse vient occuper le douzième rang. La même manœuvre peut être répétée pour toutes les autres plaques. Ce châssis-boîte peut s'appliquer à toutes les chambres noires : il permet un changement facile des plaques. On peut modifier de bien des manières les principes employés dans la construction de cet instrument.

M. Rückert a récemment[1] construit un appareil à main (*fig. 238*), à l'aide duquel on peut effectuer très simplement le changement de la plaque qui vient de poser. Les châssis négatifs sont supprimés dans cet appareil, les plaques sont placées les unes derrière les autres dans des cadres fort légers qui viennent successivement occuper le dernier rang après exposition à la lumière.

M. Léon Vidal avait fait connaître, sous le nom d'*autopolygraphe*[2], un

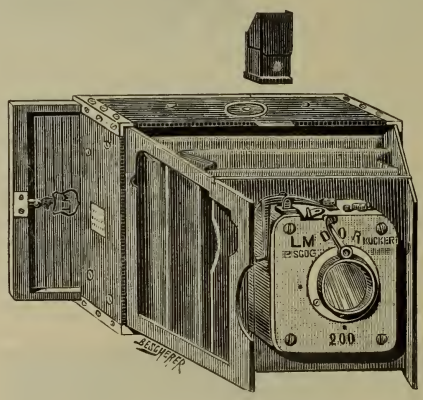



Fig. 238.

instrument permettant de changer facilement les glaces qui avaient été exposées à la lumière.

Il a remplacé cet appareil par celui qu'il a désigné sous le nom d'*en-cas photographique*. Une chambre noire à soufflet, très légère, est munie d'un objectif avec un obturateur instantané. La base de la chambre noire est graduée de manière à permettre la mise au point lorsqu'il s'agit de photographier des objets très rapprochés : à partir d'une distance de 5 mètres du sujet à l'appareil, les variations dans la mise au point sont insignifiantes; L'appareil peut être tenu à la main ou bien être placé sur un pied formé de trois tubes de cuivre avec rallonges; les trois branches sont reliées à leur sommet par un petit triangle muni à son centre d'un écrou qui sert à fixer la chambre noire au pied. Le châssis CNV (*fig. 239*) se compose d'un étui CN dans lequel s'introduit une planchette portant une plaque sensible de chaque côté ; pour le placer dans la chambre noire, on le substitue au châssis

1. Juin 1889.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 298.

à glace dépolie, et on referme la porte d'arrière. L'étui s'ouvre en-dessous, de telle sorte qu'il n'y a pas à craindre de voile par l'effet d'une pénétration quelconque des rayons lumineux[1].

M. Guilleminot[2] a construit des chambres à main dont la glace dépolie

Fig. 239.

est le plus souvent fixe ; mais une graduation placée sur la base de la chambre noire indique, d'après la distance du modèle à l'objectif, la place à laquelle il convient de fixer la glace dépolie.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1888, p. 295.
2. *Ibid.*, 1885, p. 119.

M. Derogy[1] a construit un appareil analogue. Il en est de même des chambres construites par M. Sheinheil (*fig. 240* et *241*).

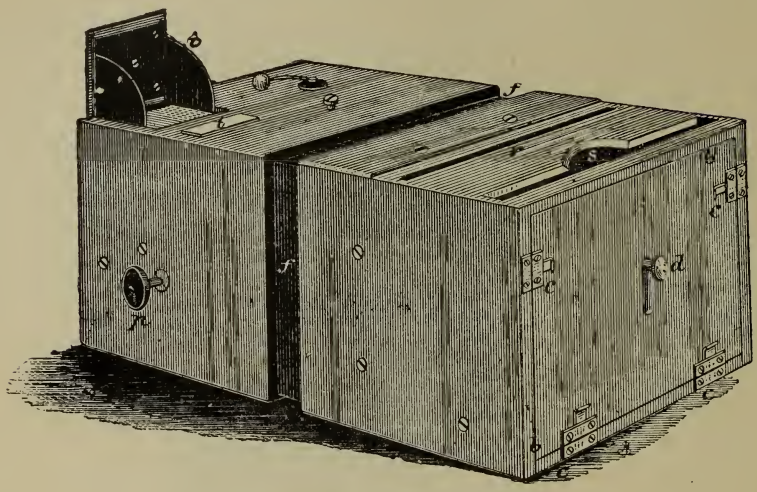


Fig. 240.

L'appareil imaginé par M. Le Roy affecte la forme d'un volume du format Charpentier[2], dont il a sensiblement le poids; il se compose de deux parties distinctes, un châssis et un cône porte-objectif.

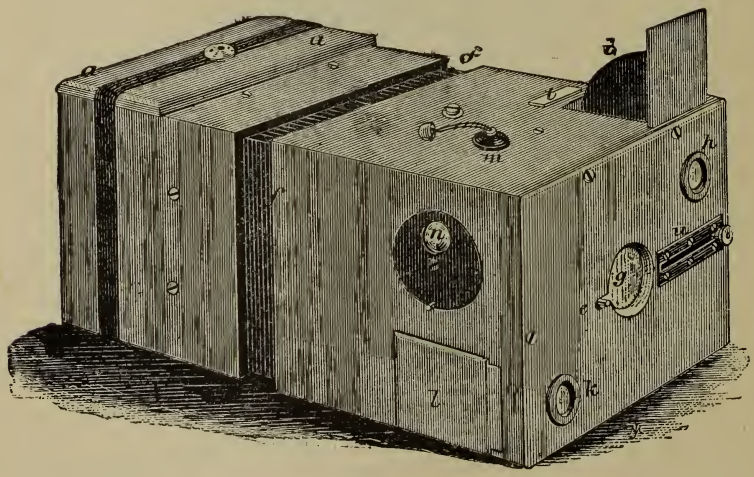


Fig. 241.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1888, p. 163.
2. *Ibid.*, 1889, p. 51.

Il est basé sur le même principe que le polyconographe Dubosc[1]. L'objectif est muni d'un obturateur instantané. L'appareil se tient à la main; il est muni d'un viseur (*fig. 242*); les plaques ont 4 centimètres sur 4c5. Un appa-

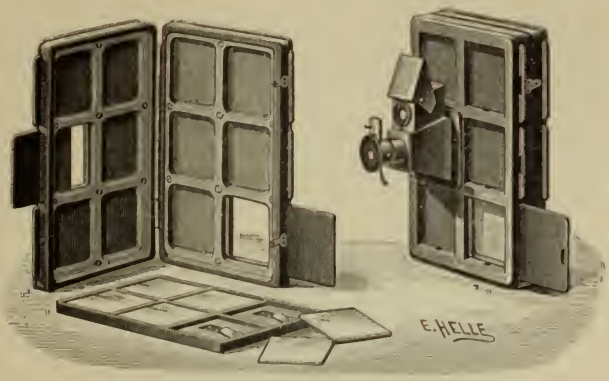



Fig. 242.

reil du même genre est construit sous le nom de *velographe*, par M. Gorde[2].

La Jumelle photographique a été inventée par M. Nicour et perfectionnée par Geymet et Alker[3]. L'instrument consiste en une jumelle d'opéra, avec

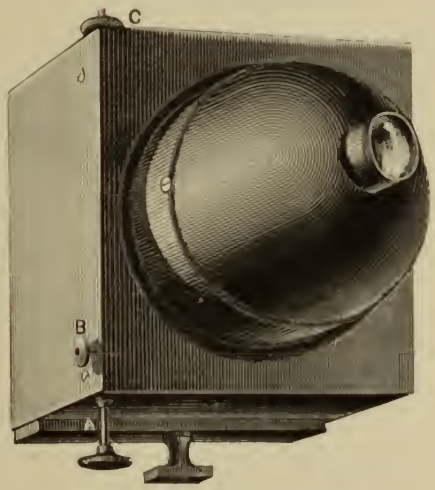



Fig. 243.

une armature sur l'un des côtés qui forme la chambre noire. Il est accompagné d'une boîte à escamoter renfermant cinquante glaces de 4 centimètres

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1861, p. 202.
2. *Ibid.*, 1888, p. 296.
3. *Ibid.*, 1867, p. 159.

de coté; elle est de forme circulaire, et tourne sur un axe, ce qui permet d'amener toujours devant l'ouverture le nouveau verre qui doit poser. Le photosphère de M. Conti (*fig. 243*) se compose d'une boîte métallique à l'extrémité de laquelle se trouve un objectif muni de son obturateur; le tout se renferme dans un étui de cuir; les plaques de 8 × 9 centimètres se placent dans des châssis doubles; le tout constitue un appareil des plus légers qui donne très facilement de bons résultats.

MM. Watson renferment une petite chambre à soufflet dans un coffre en gainerie qui permet de dissimuler l'appareil et de se servir d'objectifs de foyers différents (*fig. 244*). On peut aussi installer l'appareil sur un pied-canne.

Les appareils portatifs destinés à être tenus à la main peuvent affecter

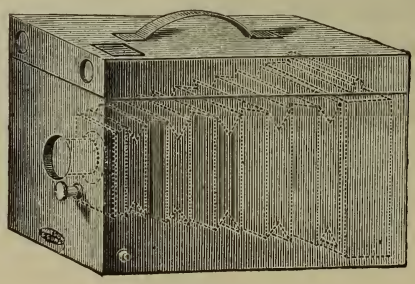


Fig. 244.

les formes et les dispositions les plus bizarres; souvent ces dispositions servent à dissimuler l'appareil photographique, mais il ne faudrait pas croire que la plupart de ces dispositifs soient nouveaux. Vernon Heath raconte[1], en effet, qu'il a connu un amateur opérant avec le matériel suivant : sa chambre noire était placée dans son chapeau; sur la partie antérieure de celui-ci il avait découpé une ouverture circulaire du même diamètre que

Fig. 245.

l'objectif; une pièce ronde s'adaptait sur cette ouverture, elle était attachée par un fil, et constituait l'obturateur. Il opérait au collodion humide : dans une des poches de son habit, il plaçait le bain d'argent, dans une autre le châssis révélateur, muni d'un verre jaune; avec de semblables moyens il obtenait des épreuves.

Nous avons vu que les chambres tenues à la main sont presque exclusi-

1. *The Phot. Journal London*, 15 mai 1861.

vement destinées à l'obtention des épreuves instantanées. Ces chambres sont munies de viseurs (*fig. 245*) que l'on fixe sur l'appareil et qui permettent de placer convenablement sur la glace sensible le sujet à reproduire. Les formes de ces viseurs sont très variées. Afin d'avoir une image assez grande, on emploie beaucoup aujourd'hui une lentille de foyer relativement long. Les rayons lumineux l'ayant traversée sont réfléchis sur une glace inclinée à 45° et viennent former leur image sur une petite glace dépolie.

Au lieu d'un viseur, Disderi s'est servi, en 1864, de deux chambres noires munies d'objectifs de même foyer et placées l'une au-dessus de l'autre. La chambre noire supérieure était munie d'une glace dépolie, la chambre inférieure d'un châssis contenant la glace sensible. On pouvait suivre sur la

Fig. 246.

glace dépolie les mouvements du sujet à photographier et agir sur la détente de l'obturateur au moment le plus propice. Le même dispositif a été employé par M. York [1] pour obtenir des photographies d'animaux. M. Marion fabrique actuellement des appareils à main construits sur le même principe. (*fig. 246.*)

### § 4. — CHAMBRES STÉRÉOSCOPIQUES, PANORAMIQUES, ETC.

**112.** On désigne sous le nom de chambres stéréoscopiques les appareils qui permettent d'obtenir les clichés négatifs destinés à donner des images stéréoscopiques. Les objectifs que l'on place sur une chambre stéréoscopique doivent se trouver à une distance qui ne doit pas dépasser l'écart moyen des yeux, soit environ 0m070 à 0m075 : on obtient ainsi des images dont les premiers plans présentent beaucoup de relief. Une chambre ordinaire à soufflet rectangulaire, permettant de faire des clichés de la dimension de 13 × 18 centimètres, peut recevoir une *cloison mobile* intérieure qui la sépare verticalement en deux parties égales.

1. *British journal of Photography*, 1872.

Une des cloisons mobiles les plus commodes que l'on puisse employer pour les chambres stéréoscopiques a été indiquée par M. Koch[1]. Elle est formée d'un rideau de carton recouvert de toile

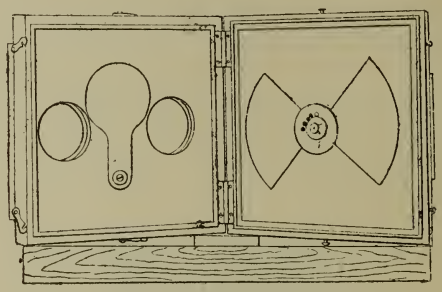


Fig. 247.

noire, présentant des plis superposés et constituant une portion de soufflet. A chaque extrémité est placée une tige de bois verticale formant arrêt; l'une porte sur l'avant de la chambre noire, l'autre sur l'arrière. Cette cloison peut donc suivre tous les mouvements du soufflet; elle est d'ailleurs guidée par un fil de caoutchouc et deux joues métalliques.

Les deux images sont fournies par deux objectifs aussi sembla-

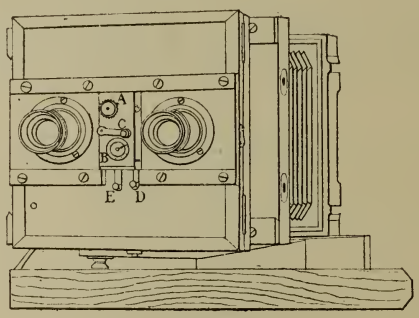



Fig. 248.

bles que possible, placés à la distance indiquée plus haut. Si l'on veut obtenir des épreuves instantanées avec cet appareil, on fait usage d'un obturateur spécial. Celui de MM. Londe et Dessoudeix (*fig. 247* et *248*) donne de bons résultats et permet de démasquer les deux objectifs en même temps.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1864, p. 67.

Quelquefois, lorsque les premiers plans sont assez éloignés de l'appareil, ou bien si le négatif doit être fait sur plaque 15×21 ou 18×24 centimètres, il y a intérêt à augmenter la distance qui sépare les deux objectifs. Dans ce cas, M. Londe emploie deux obturateurs aussi semblables que possible et fonctionnant simultanément. On arrive à ce résultat, indispensable pour les épreuves stéréoscopiques

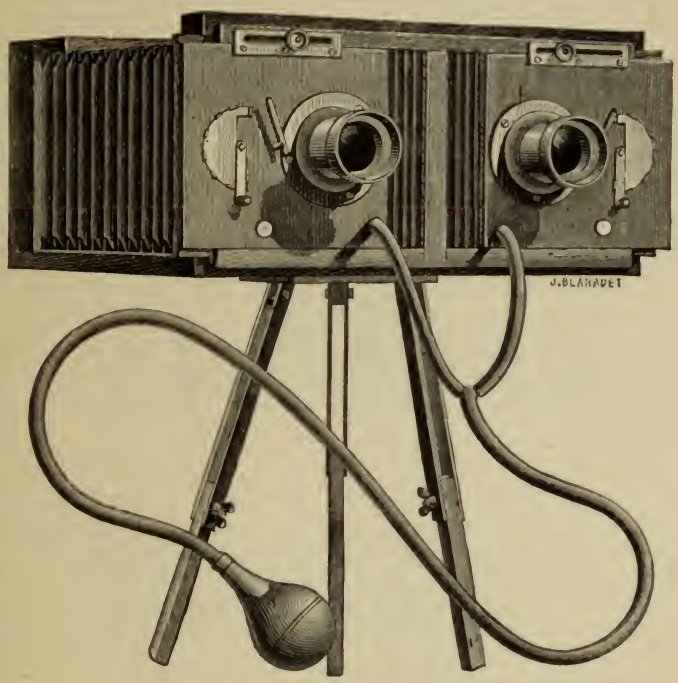



Fig. 249.

de sujets en mouvement, en commandant les ressorts de déclenchement à l'aide d'une seule poire pneumatique et de deux tubes à raccord *(fig. 249)*.

En se servant d'une séparation mobile pour stéréoscope, la planchette antérieure de la chambre noire peut recevoir trois objectifs, comme l'a indiqué Harisson[1]. Les objectifs qui sont placés à chaque extrémité de cette planchette servent pour le stéréoscope; l'objectif qui est au milieu est destiné à couvrir la dimension de chaque plaque double de la grandeur stéréoscopique. M. Carlos Relvas a employé, soit pour le stéréoscope, soit pour les vues ordinaires, une planchette de chambre noire portant plusieurs objectifs.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 9.

La planchette mobile autour d'un point (comme un diaphragme rotateur) permettait le changement rapide de l'objectif. Cet appareil figurait à l'Exposition de Vienne en 1873; il a servi de base à la construction de la chambre appelée en Amérique [1] « *Multiplying Camera* ». Ce changement d'objectif est d'ailleurs nécessaire pour obtenir des épreuves de dimension convenable, suivant le sujet à photographier. Ces objectifs ont un foyer assez court (il suffit, en général, de trois couples d'objectifs ayant 7, 11 et 16 centimètres de foyer). Si l'on ne fait pas d'épreuves instantanées, on peut adopter le système de M. Quéval [2] : il a fait établir un appareil dans lequel la mise au point est obtenue une fois pour toutes. Cette chambre, est construite par MM. Gilles frères. La base, au lieu d'être de même largeur que la chambre elle-même, comporte de chaque côté une petite tablette large de 2 centimètres environ, vers laquelle sont fixés quatre butoirs formés d'un barreau de cuivre et d'une vis métallique enfoncée dans le sens de l'axe de la chambre. Chaque couple de ces butoirs correspond à une des longueurs focales des objectifs employés. Des deux côtés de la partie mobile de la chambre se

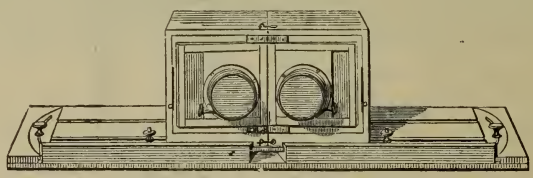


Fig. 250.

trouvent deux volets articulés perpendiculairement à la base et munis à leur extrémité inférieure d'une tige rigide destinée à faire résistance aux butoirs. Une bande de caoutchouc, placée des deux côtés de la partie postérieure de la chambre, l'attirerait toujours vers l'objectif si elle n'était arrêtée par les butoirs correspondants au foyer employé. La mise au point est donc fixe et doit être faite une fois pour toutes. Si l'on photographie des objets rapprochés, on doit dévisser d'un tour ou deux l'objectif suivant la distance du sujet et le foyer de l'objectif.

On se servait autrefois de deux dispositifs, suivant que l'on avait à faire des portraits, groupes, etc., ou bien des paysages éloignés. M. Jamin [3] employait deux chambres à tiroirs placées l'une contre l'autre (*fig. 250*), séparées par le milieu au moyen de plaques faites de bois très dur, afin de ne prendre qu'une très faible épaisseur; les planchettes d'objectifs étaient *à rideau*, de façon à pouvoir donner plus ou moins d'écartement aux objectifs. Ces planchettes pouvaient d'ailleurs tourner autour d'un axe vertical, de façon à ne plus être parallèles à la glace dépolie (condition mauvaise). Tout l'appareil était placé sur une base susceptible de se mouvoir autour d'un point, dans un plan horizontal de manière à donner à chacune des

1. *Phot. News*, 1876, p. 255.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 122.
3. *Ibid.*, 1859, p. 306.

chambres l'angle nécessaire au relief nécessité par les sujets éloignés (*fig. 251*). Dans ces conditions, on opérait de la façon suivante : on mettait le côté droit du châssis à la chambre placée à gauche, et le côté gauche à la chambre située à droite.

Le plus souvent, on opérait avec une seule chambre noire munie d'un objectif; le châssis négatif était disposé comme les châssis à multiplicateur (voir *fig. 180*). L'appareil étant à la station de gauche, on exposait la

Fig. 251.

moitié du châssis négatif, celle de droite; puis on plaçait la chambre à la seconde station et l'on faisait le négatif qui se trouvait à gauche. Si le sujet à photographier n'était pas trop éloigné de l'appareil, on laissait en place le pied, qui supportait une longue planchette aux extrémités de laquelle on fixait successivement la chambre noire. Cette planchette était assez encombrante. M. de Rancogne avait proposé de la remplacer par une base fixée par une de ses extrémités au pied de l'appareil et portant la chambre noire

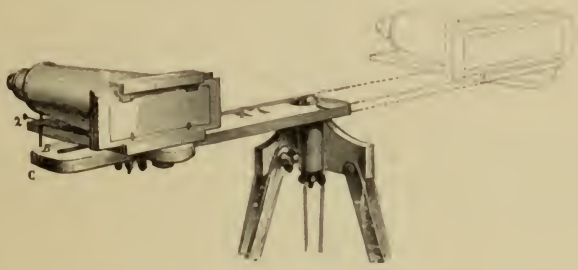



Fig. 252.

à l'autre extrémité (*fig. 252*): quand on avait fait une moitié de cliché, on faisait pivoter la planchette dans un sens et la chambre noire en sens inverse (*fig. 253*).

Pour obtenir des vues stéréoscopiques en employant un seul objectif, Forrest avait proposé le moyen suivant[1] : deux miroirs sont disposés à côté l'un de l'autre, sous un angle très faible, de façon à ce que chacun d'eux reçoive une image de l'objet à reproduire; la chambre est dirigée vers les miroirs, et les images qui s'y réfléchissent sont reçues sur une seule glace; on pourrait obtenir ainsi des images stéréoscopiques.

1. *Soc. phot. Liverpool*, 17 nov. 1857.

**113. Chambres pour portraits-médaillons.** — Pour obtenir de petites images du format des timbres-poste, on s'est servi pendant longtemps de chambres noires munies d'un certain nombre d'objectifs (de 6 à 24). M. Besson a construit l'un des premiers[1] une chambre noire avec vingt-quatre objectifs dont la mise au foyer était bien réglée.

Pendant un certain temps, MM. Window et Brige ont livré, sous le nom de portrait-camée-diamant, une série de portraits obtenus sur une seule glace en quatre poses consécutives, sans que le modèle fasse d'autre mouvement que de tourner la tête et le corps aux différentes positions requises, et en ayant soin que sa tête touche toujours à l'appuie-tête. Le châssis porte-glace possédait un double mouvement, avec points d'arrêts aux extrémités de chacun de ces mouvements horizontal et vertical : il se présentait successivement dans quatre positions symétriques pour y recevoir les quatre

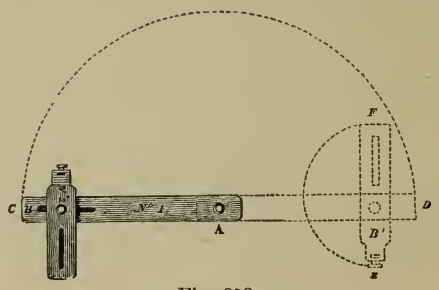



Fig. 253.

impressions différentes du même modèle. Ces portraits étaient obtenus sur fond blanc; on les bombait ensuite pour leur donner une apparence de camée[2].

On peut obtenir aussi, comme l'a fait M. Geldmacher[3], des portraits camées sur fond noir : il suffit de placer dans la chambre noire un diaphragme qui préserve la couche sensible de l'action de la lumière; le diaphragme est placé plus ou moins loin, suivant que l'on veut produire un ovale nettement limité ou un portrait à fond dégradé.

**114. Chambres de composition.** — M. Deflubé[4] a imaginé une chambre noire permettant de composer un paysage avec divers fragments de vue : il a appelé cet appareil « chambre de composition ». Il adapte à l'intérieur de la chambre noire, en avant de la glace dépolie, une partie médiane portant un châssis à deux volets qui glissent à frottement dans la même rainure et peuvent s'ouvrir l'un à droite, l'autre à gauche, de manière à ne découvrir que juste la partie du paysage destinée à prendre place dans

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858, p. 77.
2. *Phot. News*, 1864, 1865, et *Bulletin belge de la photographie*, 1864, p. 303; — 1865, p. 97.
3. Buehler, *Atelier und Apparat des Photogr.*, 1875, p. 175.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1873, p. 159.

la composition ; le volet est à une certaine distance de la plaque sensible, de façon à ce que la pénombre qu'il donne puisse se fondre avec celle produite sur l'épreuve voisine. Cet appareil a été construit en 1843 ; il ressemble à celui qui a été décrit par Robinson[1] pour produire les *cartes siamoises*, images qui représentent la même personne dans des attitudes très

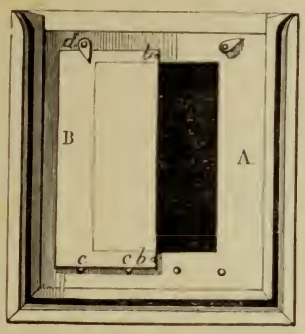



Fig. 254.

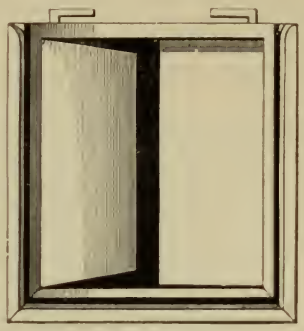


Fig. 255.

différentes. On place dans le châssis et à une certaine distance de la plaque une feuille de zinc B*bbcd* (*fig.* 254). On fait poser le modèle sur la partie située du côté de A ; la pose étant obtenue, on déplace la feuille de zinc, de manière à recouvrir la plaque du côté de A, et on fait poser sur l'autre portion de la surface sensible. On doit, au préalable, régler la distance de la

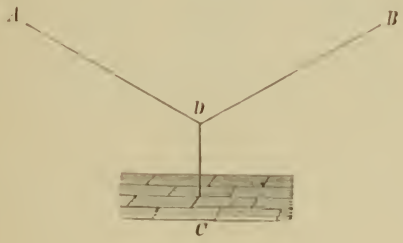



Fig. 256.

feuille de zinc au châssis, de façon à ce que les deux pénombres soient bien fondues.

On peut aussi adapter dans l'intérieur de la chambre et un peu en avant du châssis deux volets qui découvrent d'abord le milieu de la plaque en tournant autour d'un axe vertical ; on manœuvre ces deux volets à l'aide de crochets extérieurs (*fig.* 255).

En se servant de cet appareil pour photographier plusieurs fois sur la

1 *Phot. News*, 31 mars 1865, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 257.

même plaque un seul modèle, il est utile d'avoir des points de repère exacts. On obtient ces repères en tendant un fil ABCD (*fig. 256*) dans l'atelier; D sera par exemple un repère pour une poignée de mains. Cet appareil a eu un certain succès il y a vingt-cinq ans. On peut obtenir des résultats assez semblables à ceux qu'il donne en faisant poser le modèle sur un fond noir ; si la teinte est assez foncée, on pourra sans grandes précautions obtenir sur une même plaque plusieurs épreuves d'un même personnage.

Le cylindrographe Moessard permet d'obtenir sur la même plaque un très grand nombre d'images du même sujet, en diverses poses.

**115. Chambres panoramiques.** — Les objectifs photographiques ne peuvent donner qu'un angle de 90 à 105°, et l'intensité de l'éclairage de la surface sensible diminue rapidement du centre jusqu'aux bords. C'est là ce qui a suggéré l'idée de construire des chambres permettant de reproduire la moitié, le tiers, etc., de l'horizon. Martens [1] paraît avoir construit le premier une chambre panoramique. Un appareil de cette nature fut présenté à l'Institut, en 1845, par Arago. L'objectif était mobile autour d'un axe vertical, l'image était reproduite sur une feuille de plaqué d'argent : cette feuille n'était pas plane; elle formait une portion de cylindre et l'appareil ne pouvait donner d'images par le procédé du collodion humide. Le neveu de Martens, L. Schuller [2], modifia cet appareil et remplaça la plaque courbe par une glace plane qui suivait constamment l'objectif dans son mouvement. Au lieu de l'objectif seul, toute la chambre noire tournait autour du pivot fixé sous l'axe de l'objectif dans une planche fixe; deux roulettes facilitaient ce mouvement; dans la partie d'arrière de la chambre noire se trouvaient en haut et en bas des rainures. Le châssis qui contenait la glace était placé dans une espèce de chariot pour pouvoir tourner autour du pivot portant sur la planche par deux roulettes : il était maintenu dans les rainures par deux autres roulettes fixées à la partie inférieure du chariot et une troisième située sur celui-ci. Placée d'un côté (à droite par exemple) de la rainure qui avait le double de la longueur du chariot, la chambre noire en tournant (à droite) le faisait avancer vers son côté opposé, de sorte que la glace présentait successivement toutes les parties de sa surface à la fente étroite qui donnait passage aux rayons ayant traversé l'objectif. M. Garella [3] avait déjà, en 1848, construit sur le même principe une chambre panoramique.

Porro [4] a décrit un objectif panoramique, composé de deux flints et un crown, permettant d'obtenir une vue panoramique rigoureusement exacte d'un angle de 125°. L'objectif était placé au centre d'un cylindre dont la surface était garnie d'une longue bande de papier sensible. Porro avait indiqué le parti que l'on peut tirer de cet appareil pour le levé rapide des plans et le nivellement.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 318.
2. *Comptes rendus*, 1865, p. 1081, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1856, p. 365.
3. *Photographie plano-panoramique, inventée par M. Garella.* Étampes, 1858.
4. *Sur le perfectionnement des appareils optiques.* Paris, Mallet-Bachelier, 1858, p. 31.

M. Ross[1] a construit, en 1857, un appareil panoramique donnant un angle de 120°, et Broomann fit breveter en Angleterre (la même année) un appareil du même genre.

Johnson et Harisson[2] ont adopté le système imaginé par Garella. Le principe de la chambre panoramique de Johnson repose sur la rotation automatique d'un objectif projetant l'image sur une glace plane, montée verticalement, laquelle glace, tout en suivant le mouvement de rotation de l'objectif, est animée aussi d'un mouvement de translation calculé de manière

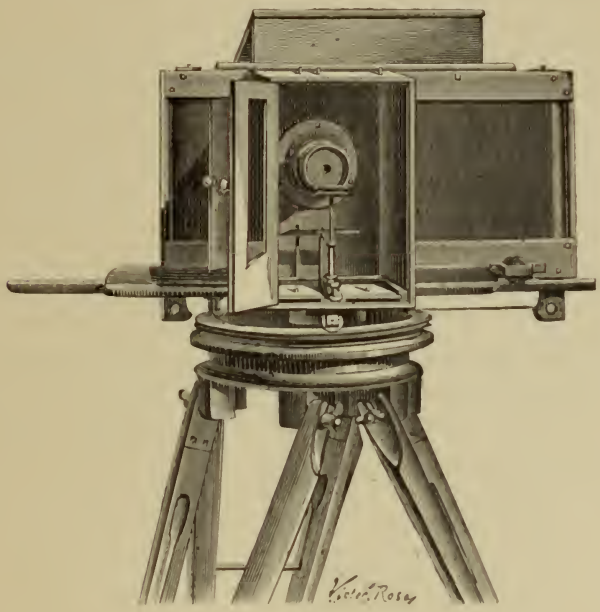


Fig. 257.

qu'elle présente constamment une surface vierge pour recevoir l'image au fur et à mesure de sa production par l'objectif. Divers perfectionnements furent successivement apportés à cet appareil : on peut opérer avec divers objectifs, modifier la marche de l'instrument pendant l'opération, s'en servir pour les épreuves stéréoscopiques, et comme l'a fait observer M. Laussedat[3], appliquer l'appareil aux levers topographiques. Brandon a fait adapter à cet instrument un mouvement d'horlogerie et y a apporté quelques modifications; la figure 257 le représente tel que le construit M. Jonte.

Sutton a présenté, en 1861, à la Société photographique de Londres, un appareil panoramique pour glaces planes. L'objectif muni d'un diaphragme en forme de fente venait former l'image sur les diverses portions de la pla-

1. *The Liverpool and Manchester photographic journal*, 1857.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 6.
3. *Ibid.*, 1866, p. 143.

que. Silvy[1] a employé le même appareil avec un châssis à rouleau. Pour dérouler exactement par quart de cercles le papier destiné à recevoir l'image il place au-dessus du châssis une bande de papier qui décrit à l'extérieur le même chemin que le papier placé à l'intérieur, de telle sorte qu'il n'y a pas à craindre qu'une épreuve empiète sur l'autre. Au lieu de châssis à papier ciré, il emploie des tubes creux dans lesquels la bande est renfermée et qui forment de véritables cartouches photographiques. Ces cartouches[2] contenaient des bandes de papier de 1 mètre de long sur 0m 15 de large, et s'introduisaient à l'arrière de la chambre noire de telle façon que, pour opérer en campagne, il n'y avait qu'à emporter autant de cartouches que l'on voulait faire de vues panoramiques d'un tour d'horizon.

M. l'abbé Rollin[3] a appliqué aux chambres panoramiques le diaphragme employé pour l'obtention des cartes siamoises. L'appareil se compose d'une chambre ordinaire dans laquelle on place un diaphragme à une distance convenable de la glace sensible. On effectue sur une même glace une série de vues partielles constituant une vue panoramique. Cette vue, si le diaphragme est bien placé, présente partout la même netteté sans apparence de couture. Le diaphragme intérieur diffuse la lumière sur les bords de chaque épreuve partielle. On peut obtenir ces diverses épreuves sur la même glace; on se sert pour cela d'un châssis de forme très allongée qui fonctionne d'après le principe du multiplicateur. On peut se servir d'objectifs de foyer quelconque avec cet appareil. M. Ferrier[4] employait, dès 1864, un châssis analogue à celui de M. l'abbé Rollin, mais la chambre noire ne possédait pas de diaphragme intérieur. M. Koch avait fait breveter[5] un appareil destiné à obtenir des vues panoramiques sur une seule glace longue en autant de poses que l'on voulait. Ces divers appareils présentaient un défaut capital qui rendait le raccordement des diverses images fort difficile et souvent impossible : l'axe vertical autour duquel s'effectuait la rotation ne passait pas par le point nodal d'émergence de l'objectif, de plus, l'angle embrassé par chacune des vues partielles était trop considérable.

Auguste Chevalier[6] s'est servi de l'ancienne chambre noire verticale à ménisque. Les images sont reçues sur une surface horizontale. L'objectif et le prisme peuvent tourner autour d'un axe vertical et entraînent la surface sensible dans ce mouvement; une fente très étroite est destinée à empêcher que les images empiètent l'une sur l'autre, résultat assez difficile à obtenir; les épreuves manquent de netteté Il en est de même de celles qui sont données par l'appareil du colonel Mangin. Cet appareil se compose d'une lentille à surface torique, l'axe du tore étant vertical; la lentille recueille les rayons lumineux venus de tous les points de l'horizon et renvoie leur image se former un plan horizontal. Ces deux appareils donnent des panoramas déformés par anamorphose; ils n'offrent d'intérêt que pour le lever des plans.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 172.
2. Brevet n° 77,004 du 2 juillet 1867.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 9.
4. *Ibid.*, 1866, p. 115.
5. Brevet du 4 janvier 1866.
6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866, p. 206.

**116. Appareil panoramique P. Moessard.** — L'appareil panoramique le plus pratique qui ait été établi est celui de M. le commandant P. Moessard. Sa construction est basée sur les propriétés suivantes des lentilles : 1° les rayons parallèles tombant sur l'objectif viennent concourir sur le plan focal d'incidence ; 2° la

Fig. 258.

position des points nodaux $n\ n'$ ne varie pas sur l'axe de la lentille tant que l'angle d'incidence des rayons lumineux n'est pas trop grand (*fig. 258*) ; 3° l'image $m$ d'un point quelconque M se trouve sur $n\ m$ parallèle à M$n'$ ; on peut dire que $n$ est le *point de vue* de la perspective $a\ m\ b$; $n$ et $n'$ (*fig. 259*) sont les *points de vue conjugués*. Désignons par $\varphi$ la distance focale principale $n$F $=$ $n'$F', D et $d$ les dis-

Fig. 259.

tances MF' et $m$F qui séparent l'objet et son image des foyers principaux, on a : D$d = \varphi^2$ (*fig. 260*) et si D $= p.\varphi$, on aura $d = \frac{\varphi}{p}$ ; donc, si D augmente, $d$ diminue, et il arrive un moment où $d$ est négligeable. En pratique, on peut admettre que $d$ est nul ; de même si l'angle M$n'$T n'est pas trop grand, l'image d'un point T se forme en $t$ tel que $nt = n$F $= \varphi$ : ajoutons que la surface focale principale $ss'$ n'étant pas un plan, mais une surface concave par rapport au point $n$, les erreurs commises sont insensibles.

Soit un objectif dont les points nodaux sont $n$ $n'$ (*fig. 261*) : limitons le champ de cet instrument à l'angle A$n'$B, l'image des objets compris dans le secteur A$n'$B se formera sur l'arc de cercle $ab$, de centre $n$ et de rayon $\varphi$. Faisons tourner l'objectif par la verticale

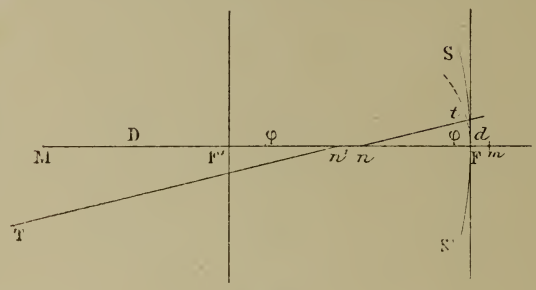



Fig. 260.

qui passe par le point $n$, le point de vue ne bougeant pas, le déplacement de $n'$ étant négligeable par rapport à la distance des objets A, B, les rayons issus de $n$ ne varient pas en direction et l'image de

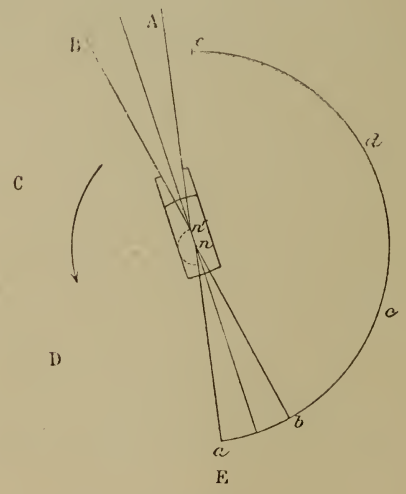



Fig. 261.

$ab$ reste immobile ; il en serait de même pour les objets situés dans les secteurs B$n'$C, C$n'$D... Tous ces objets viennent former leur image sur l'arc de cercle $bcde$, image qui reste de même immobile pendant la rotation. L'image formée sur $abcde$ a subsisté d'autant

plus longtemps que la vitesse de rotation a été moindre. Si sur le demi-cylindre de révolution *abcde* on enroule une pellicule photographique sensible, on obtiendra une impression qui sera la perspective cylindrique du demi-tour d'horizon ABCDE.

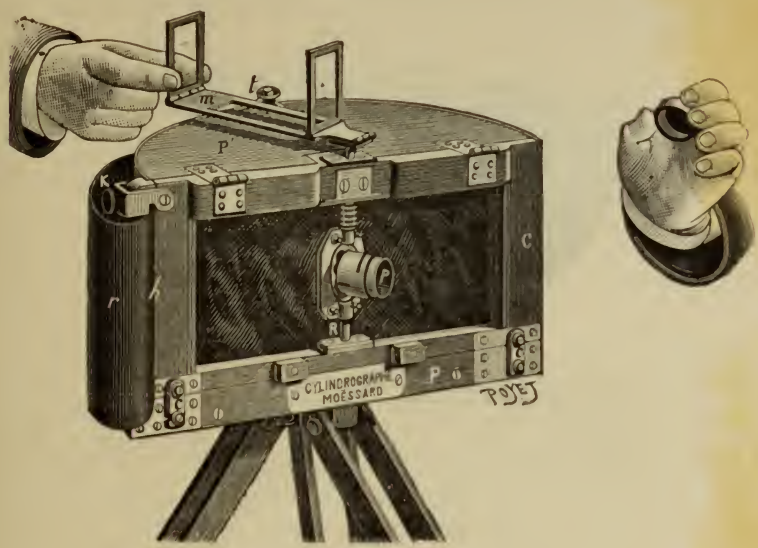



Fig. 262.

Le cylindrographe est un instrument dans lequel on utilise les principes précédents. L'instrument se compose de deux demi-cercles en bois, égaux et horizontaux P, P' (*fig. 262*): ils sont réunis sur leurs diamètres par un cadre vertical en bois C. Pour le transport,

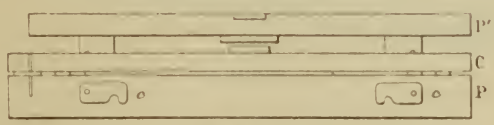



Fig. 263.

ces trois pièces, reliées à charnières, se replient l'une sur l'autre (*fig. 263* et *264*); pour la pose, elles se montent sur un pied de campagne : on les fixe dans la position voulue à l'aide de deux crochets *c*; une tringle de laiton *t* réunissant à l'arrière le plafond et le plancher assure la solidité de l'ensemble. L'objectif est porté par un axe de rotation vertical R, passant par le point nodal d'émergence; une

planchette munie de quatre vis de réglage permet de placer ce point nodal sur l'axe de rotation ; une manivelle horizontale *m*, munie de deux pinnules verticales, permet de faire tourner l'objectif autour de l'axe de rotation. Un écran de verre dépoli permet de régler la position de l'objectif, c'est-à-dire amener le point nodal d'émergence de l'ob-

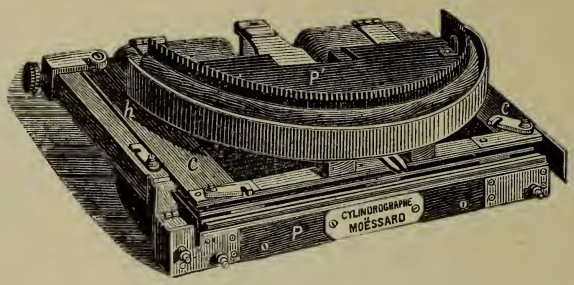



Fig. 264.

jectif sur l'axe de rotation. En recevant l'image sur cet écran et faisant tourner l'objectif autour de l'axe vertical, l'image doit rester immobile. On obtient ce résultat par tâtonnements. Le châssis (*fig. 265*) est formé de deux rideaux opaques : le rideau de pose *rf* et le rideau de fond *f* ; ces rideaux glissent dans des coulisses ; un crochet *d* ferme les deux rideaux ensemble. Le châssis est composé d'une matière flexible ; il se glisse dans une rainure pratiquée au bord du plafond

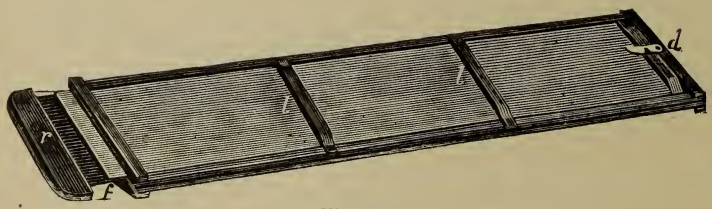



Fig. 265.

et au fond du plancher ; il ferme hermétiquement la chambre entre le cadre, le plafond et le plancher ; on le garnit soit avec la plaque souple Balagny, soit avec un papier préparé au gélatino-bromure. Pour effectuer la pose on met le châssis en place, après avoir introduit dans le parasoleil de l'objectif un diaphragme convenable. Ce diaphragme, que l'on fabrique en carton, est percé d'une ouverture verticale dont on varie à volonté la forme et la largeur pour réaliser des effets particuliers ayant pour but par exemple l'obtention des

ciels avec nuages. On ouvre le crochet du châssis et l'on tire le rideau de pose dans toute sa longueur, on le replie en arrière contre l'appareil en le fixant avec la tringle *f*. On amène la manivelle à l'un des bouts de sa course, on enlève de la main gauche le bouchon d'objectif qui ferme le parasoleil, on met la manivelle en mouvement à une allure aussi constante que possible, excepté en face d'objets sombres : on peut alors ralentir l'allure, répéter un mouvement de va-et-vient en face de ces objets. Quand on est arrivé à l'autre bout, on revient sur ses pas sans arrêt, sans secousses; on peut ainsi recommencer plusieurs fois. On ferme l'objectif, on replace le rideau de pose et on recommence avec un autre châssis après avoir orienté convenablement l'appareil.

Voici quelles sont les dimensions de cylindrographes les plus employés :

| RAYON de L'APPAREIL. | DIMENSION D'UNE ÉPREUVE. | | DÉVELOPPEMENT du PANORAMA COMPLET. |
|---|---|---|---|
| | Longueur. | Hauteur. | |
| 10 | 0m28 | 0m08 | 0,63 |
| 15 | 0m42 | 0m12 | 0,94 |
| 20 | 0m56 | 0m16 | 1,25 |
| 25 | 0m70 | 0m20 | 1,57 |
| 30 | 0m84 | 0m24 | 1,88 |
| 35 | 0m98 | 0m28 | 2,20 |
| 40 | 1m12 | 0m32 | 2,51 |
| 45 | 1m26 | 0m36 | 2,82 |
| 50 | 1m40 | 0m40 | 3,14 |
| 55 | 1m54 | 0m44 | 3,45 |
| 60 | 1m68 | 0m48 | 3,77 |

Le cylindrographe se monte et se démonte très rapidement, se transporte avec la plus grande facilité. La chambre de 10 centimètres de rayon est des plus portatives : elle permet d'obtenir très aisément de splendides panoramas de montagnes. Si l'on emploie des pellicules isochromatiques et si l'on place en avant de l'appareil un verre jaune, les divers plans, les glaciers sont admirablement rendus, et les clichés ainsi obtenus dépassent de beaucoup tout ce qui a été fait à l'aide des autres appareils.

A l'aide d'un dispositif spécial on peut obtenir des vues de monuments très élevés, de plafonds, etc. : il suffit de monter l'appareil sur

un support (*fig. 266*) permettant de faire tourner l'axe de l'objectif dans un plan vertical.

Le seul inconvénient du cylindrographe, inconvénient qui est d'ailleurs commun à d'autres appareils panoramiques, est que la perspec-

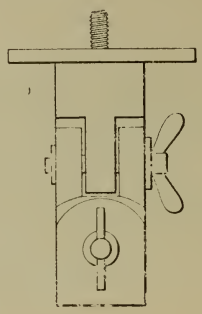


Fig. 266.

tive cylindrique développée sur un plan donne des effets auxquels nos yeux ne sont pas habitués. Mais l'on obtient une restitution fidèle de la nature si l'on enroule l'épreuve sur un cylindre de rayon égal à celui du cylindre-tableau: si l'on place l'œil sur l'axe de ce cylindre, tout reprend sa forme et sa place. M. Koch nous a montré,

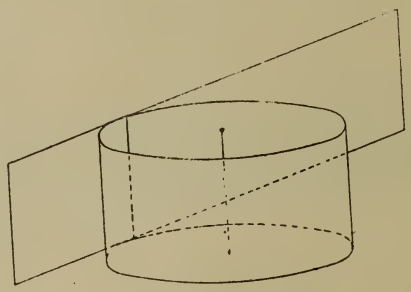


Fig. 267.

en 1872, un appareil ainsi construit, destiné à l'examen des photographies obtenues avec certains instruments panoramiques : les images examinées sont d'un très bel effet.

**117.** M. Busch a construit, sous le nom de chambre panoramique, une chambre noire pouvant être employée avec les pantoscopes, objectifs donnant un angle très grand. Ces chambres sont destinées à servir avec

des objectifs à foyer très court; ce sont des chambres ordinaires permettant d'obtenir des épreuves dans un format très oblong.

L'appareil panoramique de MM. P. et T. Benoist[1] permet d'obtenir sur une même glace plane et en une seule opération l'image d'un tour d'horizon entier. Soit un objectif placé dans l'axe d'un cylindre vertical ayant pour

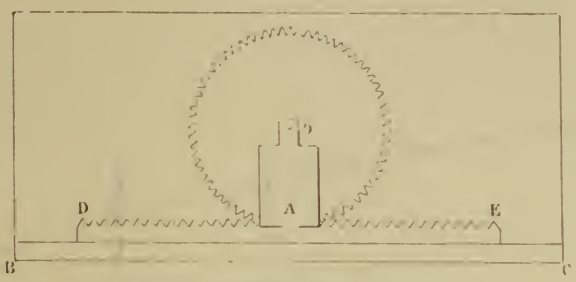



Fig. 268.

rayon sa longueur focale (*fig. 267*). Considérons le plan tangent au cylindre et perpendiculaire à l'axe de l'objectif : la perspective cylindrique se confond avec la perspective plane suivant la ligne de contact; donc, en amenant successivement toutes les génératrices du cylindre dans le plan tangent on pourra recueillir les diverses images sur le plan tangent; ceci est encore

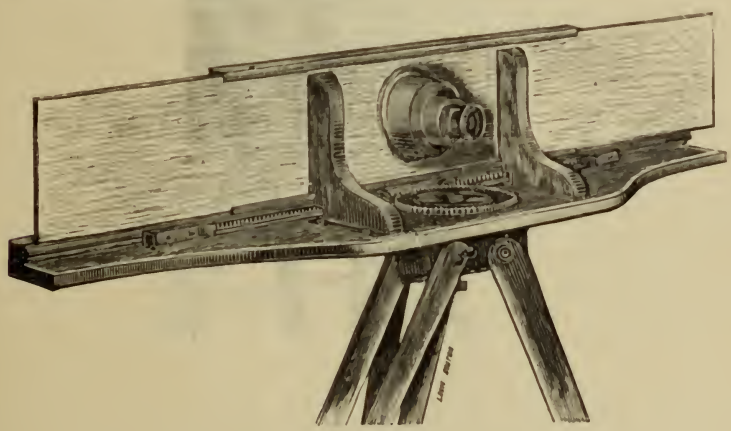


Fig. 269.

vrai pour les génératrices infiniment voisines de la génératrice de contact. On pourra donc, à travers une fente très étroite, obtenir une image nette. C'est là le principe sur lequel est basé l'appareil de MM. Benoist. Ce principe suppose que l'objectif a un *centre optique*; or il n'en est rien : de là l'impossibilité d'obtenir des épreuves rigoureusement nettes avec l'appareil

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 180.

tel qu'il est construit actuellement. Une roue dentée (*fig. 268*) faisant corps par son axe avec le pied de l'appareil est placée horizontalement; sur cette roue dentée se trouve une tablette pouvant tourner autour du point O; un guide BC fixé à la tablette oblige la crémaillère DE à rester tangente à la roue dentée. En faisant tourner la tablette, la crémaillère DE se déplace dans le sens de sa longueur, et tous ses points deviennent tangents en A à la circonférence OA. Si nous plaçons au-dessus de la tablette un objectif de longueur focale OA, nous pourrons recueillir, sur une plaque sensible DE à travers la fente A, toute une vue panoramique.

La roue dentée (*fig. 269*) est immobilisée par le pied de l'instrument; la

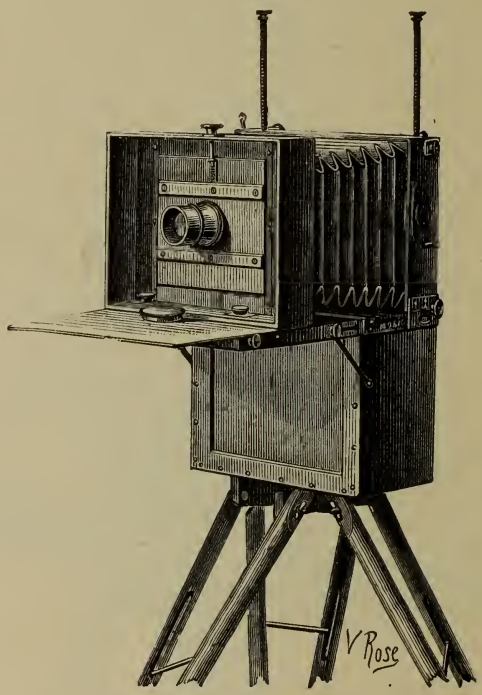



Fig. 270.

tablette est supportée par un disque métallique formant la partie supérieure du pied; elle possède un guide fixe qui applique le tasseau-crémaillère contre la roue dentée. Deux supports en forme d'équerre, fixés par des vis de serrage sur des chemins métalliques, supportent une lame verticale qui sert de volet au châssis. Cette lame, dans la partie recouverte par la chambre, est munie sur sa face antérieure d'une fente verticale à bords métalliques minces; la chambre se termine par un objectif dont le *centre optique* (?) est amené dans l'axe de la roue dentée par le réglage des équerres. Ce perfectionnement est dû à M. Molteni. La mise au point est à coulisse sur tube gradué, et l'objectif possède un disque contenant trois diaphragmes différents. Avec un

objectif de 0,0773 de distance focale principale, on obtient des vues panoramiques de 10 × 50 centimètres. On doit pousser le châssis à la main pour lui faire décrire le tour d'horizon.

**118. Chambre-revolver.** — M. Jonte a imaginé, vers 1872, un appareil qu'il a désigné sous le nom de chambre-revolver. C'est une chambre noire à soufflet (*fig. 270*) placée au-dessus d'une boite renfermant douze plaques sensibles. Ces plaques sont maintenues dans de petits cadres en bois et carton et peuvent être soulevées par deux tiges à crémaillère que l'on amène successivement au-dessous de chaque cadre : une graduation tracée sur le côté gauche de la boite permet de reconnaître le rang de la plaque soulevée. Le cadre, amené dans le plan de la glace dépolie, peut perforer une feuille de papier placée entre deux plaques métalliques percées de trous et dont les trous numérotés correspondent au rang occupé par les châssis dans la

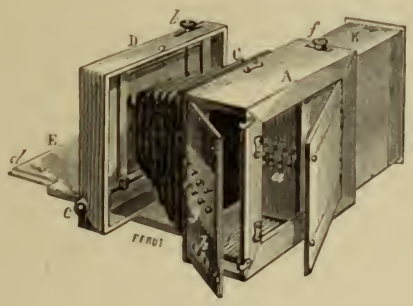



Fig. 271.

boite. Le nombre des perforations faites dans la feuille de papier indique le nombre de plaques qui ont posé.

Cramb, en 1861, avait construit[1] une chambre noire sans châssis négatif : la plaque sensible, maintenue dans une boite à glace, venait, par une rainure, glisser à la place du verre dépoli. Nous avons vu qu'un modèle d'appareil assez semblable au précédent fut imaginé par Léon Vidal[2] et appelé auto-polygraphe. Aird a construit un appareil analogue au précédent.

Nous trouvons le principe de ces divers appareils dans le châssis à escamoter imaginé, il y a fort longtemps, par M. Clouzard[3].

La chambre noire construite par M. Eujalbert est à soufflet tournant. Par une combinaison que l'on aperçoit sur la figure, les glaces sensibles, au nombre de huit, sont réunies dans un seul châssis-tiroir qui remplit le vide intérieur de la chambre noire et placées dans de petits cadres en bois (*fig. 271*).

Lorsque la mise au point est terminée, on n'a qu'à accrocher, au moyen d'un bouton *g*, le cadre à impressionner *a*, et, lorsqu'on retire le tiroir, la

1. *British Journal of Photography*, vol. VIII, p. 265.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 298.
3. *Ibid.*, 1857, p. 91.

glace saisie reste seule dans la chambre noire. On l'expose alors, et elle reprend sa place quand on repousse le châssis[1].

Ce châssis est d'ailleurs construit de façon à recevoir des cadres intermédiaires qui servent en même temps à les transformer en stirators sur lesquels se tendent facilement le papier ou les pellicules. Ce dispositif a été imité par plusieurs constructeurs.

**119. Modifications de la chambre noire.** — On a proposé de blanchir les parois de l'appareil photographique au lieu de les peindre en noir. Constant-Delessert a fait observer que[2], pour le travail à l'intérieur de l'atelier, un tel instrument permet de donner de la douceur aux épreuves; si on l'emploie au dehors, les réflexions qui se produisent contre les parois peuvent être nuisibles.

Bazin a construit des chambres noires[3] dans lesquelles il admettait une certaine quantité de lumière rouge. Il faisait dans les quatre coins de la planchette qui porte l'objectif quatre ouvertures circulaires qu'il fermait à l'aide de verres colorés en rouge par le carmin dissous dans l'ammoniaque; ces verres étaient doublés d'un verre dépoli de façon à diffuser la lumière. Bazin a observé que les clichés au collodion humide obtenus dans de telles chambres noires présentent des détails complètement venus dans les ombres; par l'emploi de ce dispositif la durée du temps de pose peut être abrégée.

MM. Borie et de Tournemire[4] ont utilisé la chambre noire pour un certain nombre d'applications scientifiques et ont construit un appareil qui peut être employé pour neuf sortes de travaux différents; l'instrument peut en effet servir de : 1° microscope solaire d'observation; 2° microscope solaire photographique; 3° microscope composé; 4° appareil photographique ordinaire permettant d'obtenir sept foyers différents et muni d'un tronc de pyramide isolateur pour permettre la mise au point; 5° appareil à agrandissement sur cliché négatif: 6° lunette terrestre obtenue en utilisant les trois lentilles qui servent à l'objectif photographique; 7° appareil à *photographie télescopique en adaptant la lunette à la chambre noire* pour obtenir par exemple les détails d'un bas-relief ornant un monument; 8° appareil d'agrandissement pour épreuves sur papier; 9° ophtalmoscope photographique et d'observation.

### § 5. — GLACE DÉPOLIE. CHASSIS NÉGATIFS, APPAREILS DIVERS.

**120.** Nous avons vu que pour effectuer la mise au point on examine l'image qui vient se peindre sur la glace dépolie de la chambre noire. Cette glace dépolie est fixée dans un cadre que l'on peut séparer

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1881, p. 21.
2. *Phot. News*, 1870. 5 août.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1870, p. 143.
4. *Ibid.*, 1869, p. 127.

de l'arrière de la chambre d'atelier, tandis que dans les chambres noires de voyage le châssis à glace dépolie est généralement mobile autour de charnières fixées au cadre d'arrière.

Il est utile que la glace dépolie porte une série de traits verticaux et horizontaux indiquant les diverses dimensions photographiques : on se rend compte immédiatement, la mise au point étant effectuée, si le sujet à photographier est compris dans la dimension d'épreuve adoptée. Le plus souvent, surtout pour le portrait dans l'atelier, on emploie une feuille de carton noir, percée d'une ouverture correspondante à la dimension d'épreuve à obtenir.

Mettre au point l'image consiste à obtenir sur la plus grande étendue de verre dépoli la netteté maxima du sujet principal ; on y parvient en avançant ou reculant soit l'objectif, soit le verre dépoli. Nous verrons, en traitant de l'emploi des objectifs, comment on vérifie cette netteté à l'aide d'une loupe dont la base s'applique sur le côté poli de la glace dépolie. Cette loupe est à tirage ou bien munie d'un pas de vis héliçoïdal ; elle doit être réglée suivant l'épaisseur du verre dépoli que l'on emploie. On trace une croix sur la surface dépolie de la glace où viendra se former l'image ; on examine cette croix en appliquant la base de la loupe sur le côté poli de la glace ; on tourne l'instrument dans son coulant jusqu'à ce que l'on aperçoive nettement la croix ; on fixe alors la loupe dans le tube de tirage.

La glace dépolie doit être d'un grain très fin : généralement, on la dépolit avec de l'émeri de vingt minutes de dépôt. L'emploi du verre ordinaire au lieu de glace n'est pas à recommander pour la mise au point.

Il arrive quelquefois que la glace dépolie se brise pendant le transport des appareils. On pourra la remplacer[1] par une glace recouverte de paraffine fondu qu'on étend comme s'il s'agissait de collodionner ; par refroidissement, on obtient une couche translucide qui peut convenir pour la mise au foyer. On peut remplacer aussi la paraffine par de la cire blanche que l'on étend sur le verre soit à l'aide d'un pinceau, soit en s'aidant des barbes d'une plume. Yungmann[2] recommande le mélange de lait et de gomme : une glace ainsi recouverte peut être employée pour la mise au point. On peut aussi se servir soit du vernis à dépolir pour retouches, soit d'une solution d'arrow-root. On fait bouillir de l'eau avec de l'arrow-root, on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque, on filtre, et l'on se sert de cette dissolution à l'état de sirop épais.

1. *Humphrey's journal*, mai 1867.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 25.

Au lieu de ces diverses solutions, Woodbury emploie la gélatine opacifiée préparée d'après la formule de Burgess pour le procédé *Eburneum*. On broie dans un mortier 31 grammes d'oxyde de zinc avec 15 c. c. de gélatine; on obtient une pâte très fine que l'on ajoute à une dissolution de 155 grammes de gélatine dans 622 c. c. d'eau. On laisse déposer à une douce chaleur pendant deux heures, on décante le liquide et on l'étend sur la glace; le grain ainsi obtenu est extrêmement fin[1].

Il est important que la glace dépolie soit montée d'une manière très simple dans son cadre. Le dispositif le meilleur consiste à fixer la glace dépolie à l'aide de petits taquets semblables à ceux qui servent à maintenir les plaques sensibles dans les châssis négatifs.

Pour percevoir l'image qui se forme sur la glace dépolie, cette partie de l'appareil doit être placée dans une obscurité relative. On obtient cette obscurité en recouvrant d'un voile noir la partie postérieure de la chambre noire; c'est sous ce voile noir qu'on examine l'image. On peut aussi se servir d'autres dispositifs. Harisson[2] emploie une boîte de carton dont la profondeur correspond à la distance de la vision distincte de l'observateur. Elle s'ajuste autour du châssis qui porte le verre dépoli; l'extrémité opposée est fermée par une porte de carton au milieu de laquelle sont percés deux trous ronds, à travers lesquels les yeux regardent l'image formée sur le verre dépoli de la chambre. Cette image se montre ainsi avec une grande clarté. Le tout, collé avec du calicot noir, se replie à plat comme un chapeau gibus.

Pour obtenir une mise au point très exacte, M. Vidal[3] supprime le verre dépoli, et à la place même où se trouve le volet extérieur du châssis portant la plaque sensible, il place un volet muni d'un oculaire positif qui permet de mettre au point la partie centrale de l'image, que l'on examine ainsi directement. Pour limiter exactement la vue dans tous les sens, il se sert d'une alidade-mobile, préalablement réglée pour l'objectif que l'on emploie.

M. Edgis, de Fribourg, a employé la pression de l'air qui, plus ou moins comprimé, fait glisser l'avant de la chambre et permet la mise au point avec une grande exactitude[4].

MM. Denis et Roussel[5], pour obtenir une mise au point très rapide, déclenchent l'écrou de la vis de rappel au moyen d'un ressort.

**121. Châssis négatifs.** — Les châssis négatifs sont destinés à renfermer la surface sensible sur laquelle on produira l'image négative ou le *négatif :* de là, le nom de châssis négatifs donné à ces appareils. Nous avons vu que ces instruments doivent empêcher

1. *Phot. News*, 7 août 1868.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 10.
3. *Ibid.*, 1879, p. 202.
4. *Ibid.*, 1881, p. 67.
5. *Ibid.*, 1885, p. 289.

tout rayon de lumière, autres que ceux qui ont traversé l'objectif, d'arriver sur la surface sensible. Les châssis négatifs sont à volets ou bien à rideau : ce dernier mode de fermeture est celui qui est à recommander. Quelquefois les volets sont formés de plusieurs lamelles qui permettent de rabattre le volet contre la paroi extérieure du châssis pendant la pose : ces châssis sont dits « à demi-rideaux ».

M. Vivien[1] a repris la construction des châssis s'ouvrant comme un livre, ce qui permet de placer les glaces facilement, sans risquer d'érailler ou tacher la couche sensible.

M. Picq[2] a construit un châssis dans lequel les glaces s'introduisent en les glissant par un des côtés; les glaces une fois introduites sont isolées au moyen d'un carton qu'on fait pénétrer entre les deux.

M. Mackenstein,[3] dans la fabrication du châssis double à rideau, a disposé les choses de telle façon que le rideau soit d'une seule pièce pour les deux faces du châssis. Grâce à un petit volet qui se trouve à la partie supérieure de la chambre et qui est maintenu par une vis de pression, le châssis est renfermé en quelque sorte dans la chambre : la lumière ne peut pas pénétrer par les joints; mais ce volet augmente l'épaisseur de l'arrière de la chambre noire.

M. Hieckel[4] s'est servi, pour les châssis de petites chambres noires, de châssis à double rideau : ce rideau est formé, non plus en bois comme ceux déjà employés, mais par une feuille métallique souple.

M. Hauguel[5] se sert de châssis métalliques dont les dimensions sont en tous sens à peine supérieures à celles de la glace elle-même.

Pour empêcher toute infiltration de lumière, M. Martin emploie le dispositif suivant : les châssis sont doubles, recouverts d'une toile imperméable, et leur planchette à double brisure glisse contre une bordure en velours qui empêche toute lumière de pénétrer par les joints; une languette, poussée par un ressort et garnie également de velours, vient s'appuyer contre le châssis lorsqu'il est placé sur la chambre, de façon à empêcher toute lumière de filtrer entre lui et les parois de la chambre. Cette imperméabilité à la lumière est telle que l'on peut se dispenser de recouvrir la chambre d'un voile lorsqu'on opère en pleine lumière[6].

M. Sauret a adopté le même dispositif pour l'intérieur de ses châssis.

M. Tylar, de Birmingham, a construit[7] des châssis négatifs en métal, présentant l'avantage d'être plus minces de moitié que les châssis en bois, de durer le double de temps, d'être moins coûteux, de ne pas jouer et de ne pas laisser passer la lumière.

M. Clouzard a construit un châssis disposé de façon qu'il soit possible

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1879, p. 153.
2. *Ibid.*, 1885, p. 317.
3. *Ibid.*, 1884, p. 176.
4. *Ibid.*, 1886, p. 207.
5. *Ibid.*, 1882, p. 119.
6. *Ibid.*, 1882, p. 63.
7. *Ibid.*, 1887, p. 286.

d'obtenir à volonté le cliché comme à l'ordinaire ou à travers la glace. Pour cela, il se sert d'une sorte de cadre intermédiaire établi de telle façon que soit qu'on le place d'un côté ou de l'autre, la couche sensible reste rigoureusement à la même distance de l'objectif.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut mettre au point avec une glace dépolie *retournée,* de même épaisseur que les glaces destinées à supporter les clichés, glaces que l'on emploiera le côté dépoli regardant l'opérateur, comme l'ont fait observer MM. L. Vidal et Franck de Villechole.

Si l'on ne prend pas cette précaution, on peut obtenir dans la mise au point des erreurs qui, pour une glace dépolie de 3 millimètres, peuvent atteindre 1 millimètre[1].

M. Relandin avait, un des premiers, construit un châssis permettant d'obtenir des clichés retournés, soit par le procédé du collodion humide, soit par celui du collodion sec[2]. Lorsqu'on opérait par l'emploi du collodion humide, la glace était emprisonnée entre deux règles parallèles pouvant varier de distance à la manière des rayons d'une bibliothèque; chacune de ces deux règles était munie de deux bouts d'ivoire en forme de fourche à ouverture évasée, servant à recevoir les côtés horizontaux de la glace. La règle inférieure était fixée sur les côtés verticaux du châssis par une crémaillère qui permettait de faire varier les distances; placée de la même manière, la règle supérieure était munie d'un ressort qui cédait au moment de l'introduction de la glace pour la maintenir ensuite comme dans un étau. Les châssis destinés aux opérations par l'emploi du collodion sec étaient disposés d'une façon différente : les châssis, très légers, étaient fermés par derrière, à l'aide d'une planchette qui se trouvait condamnée, donnant ainsi au cadre du châssis une grande solidité. La glace était introduite par devant. A cet effet, le volet était tiré, on engageait la glace dans le fond d'une rainure située au sommet intérieur du châssis; du côté opposé était une rainure mobile et à charnière qui, une fois fermée, s'opposait à tout mouvement et maintenait isolée la glace sensible.

Le changement des plaques ou pellicules en pleine lumière peut se faire dans un sac garni de deux manches à caoutchouc, comme les anciens laboratoires portatifs[3].

M. Lherisel[4] a imaginé un appareil permettant d'employer les châssis-portefeuille pour glace sèche. C'est un cadre dans lequel se place un portefeuille en bois noirci : le volet du portefeuille est entaillé à la partie inférieure de deux petites mortaises; celles-ci, lorsque le portefeuille est placé dans le cadre châssis, servent à loger deux tenons de même grandeur dont est muni, aux points correspondants. la face intérieure du volet du châssis. A l'aide de cette disposition, celui-ci, lorsque l'opérateur le soulève, entraîne et déplace par un mouvement parallèle le volet du portefeuille. Un système de châssis semblable au précédent a été employé en Suisse par M. Mader; mais pour renfermer les glaces, il employait de petits étuis de zinc. Ces deux dispositifs sont assez semblables à celui qui a été indiqué pour la première

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1880, p. 186.
2. *Ibid.*, 1869, p. 90.
3. *Ibid*, 1884, p. 205.
4. *Ibid.*, 1868, p. 170.

fois par M. Marion[1] pour permettre l'introduction de portefeuilles préservateurs, qui tiennent très peu de place. Ces portefeuilles avaient été d'abord imaginés pour l'emploi du papier négatif.

**122. Châssis pour papier ou pellicules.** — Un des plus anciens modèles de châssis pour papier négatif a été construit par M. Clément[2]. Il permettait de changer en pleine lumière les feuilles de papier sensibilisé. Chaque feuille était préservée par un mince châssis de carton; le papier était pressé contre une glace polie; la mise au point s'effectuait sur une seconde glace dépolie; c'était entre ces deux glaces que l'on glissait le papier. Bayard[3], l'un des inventeurs de la photographie sur papier, supprima l'emploi de la glace polie, le papier étant tendu sur un bristol. Tillard[4] remplaça la glace polie du châssis Clément par une glace dépolie, tournant le côté dépoli vers l'opérateur : le papier était exposé en contact immédiat avec la glace et immédiatement contre la face dépolie. Marion[5] réduisit le volume des portefeuilles contenant le papier à une dimension légèrement supérieure à celle de la surface sensible.

Un des dispositifs les plus pratiques est celui qui a été imaginé par M. de Rancogne[6]. Le châssis-portefeuille construit pour une chambre très légère se compose d'une enveloppe et d'une feuille de carton portant le papier sensibilisé. L'enveloppe est faite avec une feuille de bristol pliée en deux et collée de chaque côté sur une petite tringle de bois de 1 millimètre d'épaisseur sur 3 de large, pour laisser dans l'enveloppe l'épaisseur nécessaire à l'introduction de la feuille de carton qui porte le papier sensibilisé. Cette feuille de carton n'est autre chose qu'un bristol noir, coupé en pointe dans la partie supérieure pour faciliter l'entrée dans le portefeuille; au milieu de la partie inférieure de ce bristol est collée une bande de parchemin percée d'un trou ; cette bande permet de maintenir la feuille dans la chambre noire à l'aide d'une clavette spéciale. Sur la feuille de bristol destinée à porter le papier sensible est collée sur toute la largeur et dans la partie supérieure une petite bande de papier fort; cette bande est collée dans la moitié de sa hauteur. On introduit sous cette bande, qui forme en quelque sorte ressort, le bord du papier sensibilisé : il est ainsi suffisamment maintenu. Pour opérer, on introduit le portefeuille dans un châssis spécial, on maintient la petite bande de parchemin, on retire aux trois quarts l'enveloppe, on presse le châssis et on retire complètement le portefeuille, on ouvre l'objectif; l'exposition terminée, on effectue la manœuvre inverse.

La construction de cet ingénieux appareil a été reprise dans ces dernières années. On peut fort bien l'employer pour obtenir des négatifs sur pellicules sensibles ou sur papier au gélatino-bromure. Les modifications apportées par M. Martin sont très pratiques. Il fixe la pellicule sur un carton plus long que la surface sensible, et dont la portion qui dépasse se replie en

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1861, p. 339.
2. *Ibid.*, 1855, p. 65, brevet du 30 août 1853.
3. *Ibid.*, 1856, p. 317.
4. *Ibid*, 1857, p. 121.
5. *Ibid.*, 1857, p. 125.
6. *Ibid.*, 1858, p. 290.

partie sur elle-même et sur l'étui en carton mince dans lequel il est renfermé. Au repos, cette portion repliée est maintenue par un anneau en caoutchouc, de façon que la lumière ne puisse en aucune manière atteindre la couche sensible. Cet étui est plein, contrairement aux anciens étuis pour papier qu'il rappelle au premier abord. La manœuvre de cet appareil est des plus simples. Les charnières qui tiennent le cadre à glace dépolie sont disposées à coulisses, de façon à lui permettre de s'éloigner ou de se rapprocher d'une autre glace très pure qui est fixée à la chambre noire.

Pour la mise au point, la glace dépolie est pressée par quatre ressorts

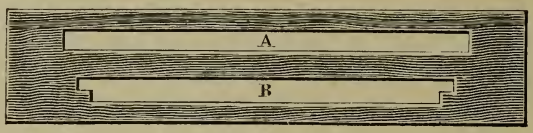



Fig. 272.

contre la plaque fixe. Cela fait, on écarte la glace dépolie, on introduit la partie du carton-pellicule qui dépasse l'étui dans une rainure placée au-dessous de la glace fixe, on replace la glace dépolie, on applique les ressorts et on tire par le haut l'étui protecteur qui s'enlève, laissant dans la chambre le carton et la pellicule qu'il supporte. L'exposition faite, on replace l'étui en l'enfonçant de nouveau dans la chambre; on écarte la glace dépolie et on enlève le tout.

Dans un modèle plus récemment construit, M. Martin emploie un chapeau de bois très léger et très mince qui vient recouvrir complètement

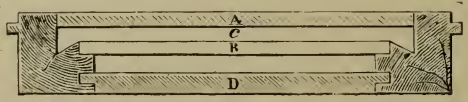



Fig. 273.

l'ouverture de l'étui, empêche ainsi tout accès de la lumière et remplace avantageusement la lame de carton repliée et maintenue en place par un caoutchouc.

M. l'abbé Raboisson[1] se sert d'une sorte de cadre dont les quatre côtés peuvent s'éloigner un peu du centre. Chacun de ces côtés porte une pince qui saisit le papier, qu'on a eu soin de couper d'environ 0m01 plus grand dans tous les sens que le cadre-support. Les côtés sont reliés par quatre rubans en métal disposés en croix et faisant ressort. Lorsque le papier est pris des quatre côtés dans les pinces, on met le cadre dans le châssis, et, en plaçant la planchette, on appuie sur les rubans-ressorts; ils s'allongent, écartent les bords du cadre et tendent le papier d'une façon parfaite.

Pélegry, Pons, Trutat ont modifié les châssis-portefeuille destinés à être

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1882, p. 64.

employés avec le châssis Clément; pour les petites dimensions d'épreuves, ils suppriment l'usage du châssis et ne conservent que le portefeuille; mais lorsqu'il s'agit d'obtenir des images un peu grandes (21 × 27 et au-dessus), ils se servent du châssis Clément, dont la figure 272 représente une coupe faite à la partie supérieure; on introduit le portefeuile par la partie B. Ce portefeuille est maintenu entre la glace dépolie A et la glace transpa-

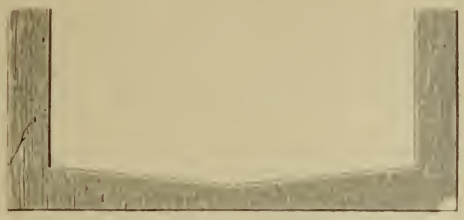


Fig. 274.

rente B (*fig. 273*), collée sur un épaulement en bois ménagé dans chaque côté du cadre formant le châssis : c'est le châssis-portefeuille. Le carton dont il est formé consiste dans un fort papier à dessiner, sur les deux faces duquel est collée une épaisseur de papier à aiguille; il reste bien plat si on colle en même temps le papier noir sur les deux faces. Le portefeuille se compose de cinq parties[1] : 1° cadre exactement coupé, de telle sorte que la glace

Fig. 275.

transparente du châssis puisse entrer facilement dans son ouverture; la figure 274 représente la partie inférieure de ce cadre; on voit qu'il est terminé par une échancrure permettant l'entrée du volet d'une manière régulière. 2° Sur ce cadre (*fig. 275*), on colle des bandes de carton sur les côtés,

1. Trutat, *Traité pratique de photographie sur papier négatif*. Paris, Gauthier-Villars.

sauf sur le côté A. 3° Un fond plein, mesurant la grandeur totale du cadre, est collé sur les bandes n° 2; on obtient ainsi une sorte de gaine ouverte. 4° Dans cette gaine, on place une feuille de bristol coupée à la grandeur comprise entre les bandes n° 2, et portant à sa partie supérieure une sorte de capuchon formé par une bande de fort papier parchemin mesurant 0m04 de large, pliée en deux, mise à cheval sur le bristol qui porte le négatif, et collée sur une largeur de 0m005 dans le haut du porte-papier. Cette bande de papier parchemin sert d'une part à retenir la feuille sensible, et, par sa partie libre retombant derrière le portefeuille, elle permet de maintenir en place le portefeuille lorsqu'on retirera le carton. 5° Enfin, le volet est formé d'une feuille de carton pouvant entrer exactement dans l'espace compris entre les trois bandes n° 2; à sa partie inférieure, on colle à cheval une bande de papier parcheminé mince, on satine fortement. Dans le haut, un appendice de carton mesurant 0m02 de large est relié au volet par une charnière faite avec une bande de toile à calquer sur le côté extérieur, avec une bande de papier parchemin mince à l'intérieur. Cette languette est rabattue au dos du châssis-portefeuille; elle est maintenue en place par une bague en caoutchouc.

La Compagnie Eastmann livre, sous le nom de « porte-membranes », un appareil destiné à recevoir les feuilles négatives coupées à dimension convenable et à les exposer dans un chassis quelconque. Le porte-membrane se compose d'une mince planchette de bois formée de feuilles collées ensemble, de manière à éviter tout gauchissement, et d'un cadre métallique à rebords rabattus qui sert à fixer la feuille de papier négatif sur la planchette.

M. Balagny[1] a employé un dispositif permettant l'usage facile des pellicules avec les châssis simples ou avec des châssis s'ouvrant comme un livre. Il se sert d'un cadre en acier verni portant à la partie inférieure deux petites saillies et un petit verrou à la partie supérieure, saillies et verrou qui pénètrent dans des entailles faites à la feuillure du châssis.

Pour placer la pellicule, on ouvre la porte qui se trouve derrière le châssis, et l'on place une planchette, un carton, etc., ayant exactement l'épaisseur de l'espace qui se trouve entre le volet et la feuillure sur laquelle repose la glace dans les châssis ordinaires. Cela fait, on applique la pellicule la face contre ce carton; elle se trouve tout à fait dans la position d'une glace et porte sur les bords de la feuillure. C'est alors qu'intervient le cadre en acier qui a pour but de la fixer en la pinçant entre lui et le cadre de bois du châssis.

Pour cela, on fait pénétrer les deux saillies dans les deux encoches du châssis, puis on appuie sur les deux côtés supérieurs du cadre qui fait ressort; on l'applique contre la pellicule, et on le fixe en poussant le verrou dont le pêne vient pénétrer dans l'encoche du châssis. Cela fait, on ferme la porte, on relève le volet, on enlève le carton-soutient, et la pellicule se trouve tendue dans le châssis et placée absolument comme le serait une glace sensible.

Dans ces derniers temps, M. Balagny a encore simplifié cet appareil. Il se sert d'un mince cadre métallique de la dimension du négatif à obtenir; ce cadre est collé à une feuille de carton un peu fort à l'aide d'une bande

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1885, p. 36.

d'étoffe formant charnière : on place le carton-soutien dans ce cadre, sur la pellicule mise à plat; on rabat le cadre métallique, on le fixe dans le châssis négatif ordinaire à l'aide des taquets destinés à maintenir la glace : ces taquets serrent les bords du carton et, par suite, compriment la pellicule contre le cadre : on enlève alors le carton-soutien en ouvrant le volet du châssis, si l'on se sert du châssis à rideau ou de châssis doubles s'ouvrant comme un livre.

**123. Châssis à rouleau.** — Le premier châssis à rouleau a été construit par Relandin[1], sur les indications de M. Humbert de Molard. C'était un châssis carré ordinaire, muni de chaque côté d'un cylindre sur lequel une toile gommée s'enroulait et se déroulait de l'un à l'autre cylindre avec la plus grande facilité. Douze feuilles de papier tenues par la pression à la surface de cette toile venaient successivement se présenter au centre du châssis, de telle façon qu'elles n'avaient rien à craindre de la lumière. Le

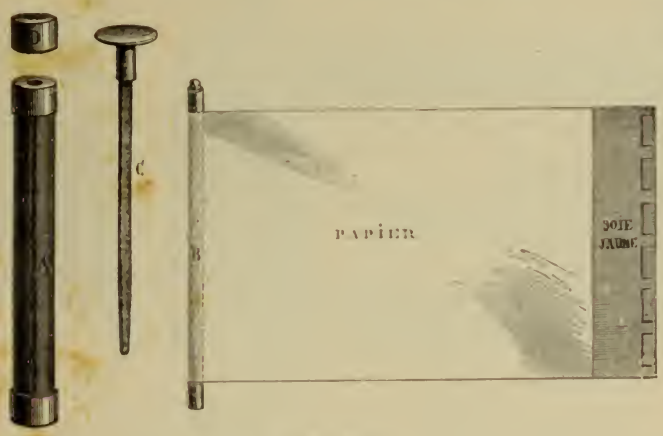



Fig 276.

Châssis contenait une glace transparente : les feuilles de papier passaient entre la glace et le couvercle du châssis ; à la partie supérieure, du côté de l'opérateur, se trouvait une ouverture munie d'un verre jaune, à travers lequel on pouvait lire le numéro de la feuille qui avait subi l'action de la lumière. Mellnis[2], Burnett[3], Audineau[4] ont construit des châssis à rouleau analogues ou même identiques à celui qui avait été imaginé par Humbert de Molard.

Nicole et Silvy[5] ont établi un châssis à rouleau fort ingénieux. Il est basé sur les principes qui ont présidé à la construction de celui de Humbert

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1855, p. 119.
2. *Journal Phot. Society London*, V, 3, p. 28.
3. *Phot. Notes*, 1857, p. 203.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 92.
5. *Ibid.*, 1870, p. 38.

de Molard; il en diffère par la facilité qu'il présente pour changer le papier par la substitution d'une cartouche ou bobine A contenant une provision nouvelle de papier sensible B (*fig. 276*), dont l'extrémité est enveloppée de soie jaune. Cette bobine s'introduit dans un châssis spécial en A (*fig. 277*); à la tige de la bobine est fixé un ruban de papier ou d'étoffe, se déroulant en même temps que la surface sensible et permettant de savoir quelle est la quantité de papier employée et quelle est celle qui reste dans la cartouche.

L. Warnerke[1] a construit, en 1875, un châssis destiné à être utilisé avec les pellicules recouvertes d'émulsion au collodio-bromure, et, plus tard, de gélatino-bromure. La couche sensible est enroulée avec ou sans le papier de support sur un cylindre, et va s'enrouler sur un second cylindre semblable au premier. Une plaque de verre noirci est fixée à l'avant, à la place correspondant au verre dépoli; cette plaque guide la couche sensible dans son

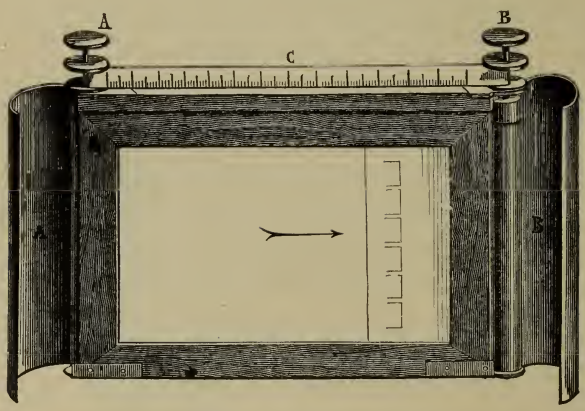



Fig. 277.

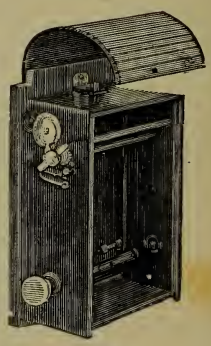


Fig. 277 *bis*.

passage d'un cylindre à l'autre et assure sa position exacte. Chaque cylindre est muni d'un bouton métallique au moyen duquel on peut le mettre en mouvement; ces boutons permettent de dérouler successivement toute la bande sensible et de l'enrouler sur l'autre cylindre après qu'elle a été exposée; chaque bouton porte une vis de pression qui permet de tendre la couche lorsqu'elle est en position. Avant de placer la pellicule sur le cylindre, on trace à l'aide d'un crayon un trait et un numéro d'ordre correspondant aux dimensions des plaques. Un petit carreau en verre orange placé dans le volet mobile du châssis permet de voir les lignes noires qui forment les divisions entre les plaques et les numéros, de juger si les plaques sont bien à leur place, et de constater si elles n'ont aucun défaut, auquel cas on ne les expose pas.

M. Stebbing[2] a construit une chambre noire portant un châssis à deux

1. *Photogr. News*, nº 876 et 877.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 201.

rouleaux sur lesquels s'enroule et se déroule la pellicule ou papier sensible. Cette pellicule est pressée, à l'aide d'une vis agissant sur une planchette

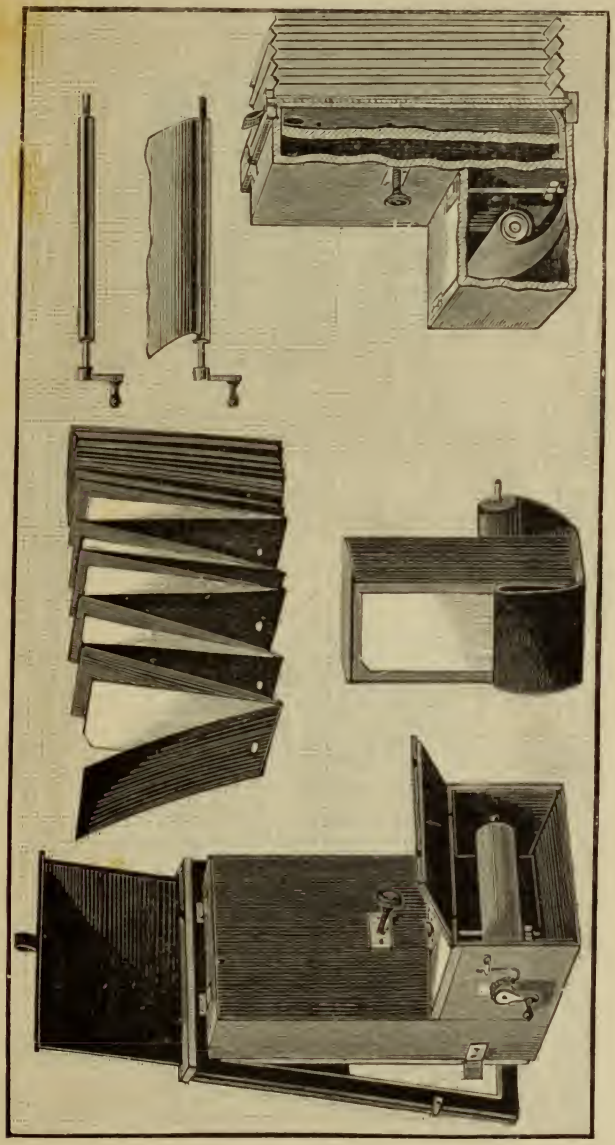


Fig. 278.

garnie de drap, contre une glace bien pure dont la face postérieure est au foyer de l'objectif. La pose opérée, on desserre la vis et on tourne le rou-

leau de droite jusqu'à ce que le mouvement d'un déclic indique que l'on a assez tourné. Chaque fois que la bande est pressée contre la glace, une aiguille perfore le papier et indique où doit être pratiquée la coupure.

Le châssis construit par M. Mendozza[1] permet de diviser la surface sen-

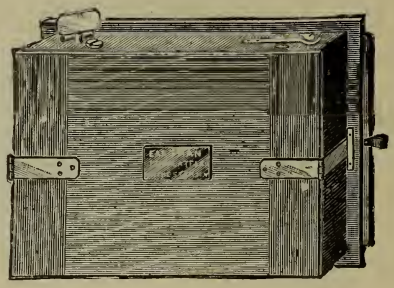


Fig. 279.

sible en fractions correspondant à la dimension de l'appareil photographique employé, de manière à pouvoir couper les épreuves négatives avant le développement. Un cadran placé à l'intérieur marque le nombre des clichés impressionnés, en même temps qu'une aiguille placée du côté opposé indique le moment où une nouvelle fraction de papier est prête à recevoir l'action de la lumière (*fig 277 bis*).

M. Carquero[2] a repris l'idée de MM. Nicole et Silvy et a proposé d'enve-

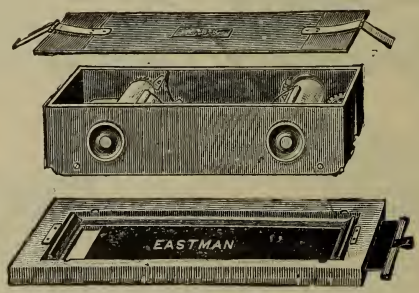



Fig. 280.

lopper de papier noir les bobines de substance sensible, afin de les charger en pleine lumière.

Le châssis imaginé par M. Perron[3] permet d'emporter un nombre de pellicules en quelque sorte indéterminé. Les pellicules sont disposées à plat sur les feuillets d'une sorte de paravent formé par des feuilles de papier noir. Un dispositif très ingénieux permet à ces feuilles de s'enrouler sur un

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 319.
2. *Ibid.*, 1887, p. 121.
3. *Ibid.*, 1887, p. 179.

cylindre après que la pose a été effectuée. Ce châssis peut s'appliquer à toute espèce de chambre noire (*fig. 278*). Il n'est pas très volumineux et présente surtout une très grande légèreté.

**124. Châssis-rouleau Eastman.** — Un des châssis à rouleaux

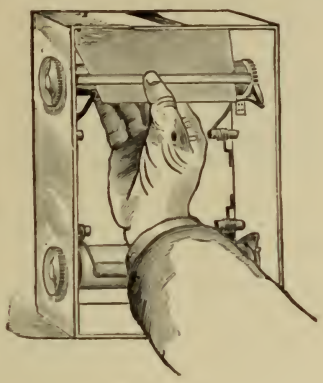


Fig. 281.

les plus employés est le châssis construit par Eastman-Walker (*fig. 279*) : il est établi de façon à être adapté à n'importe quelle chambre. Il se compose essentiellement d'un double système de

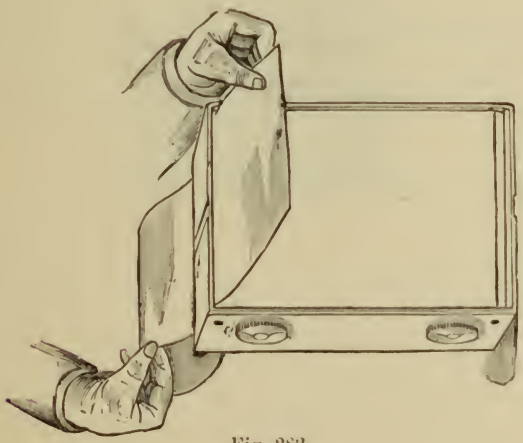


Fig. 282.

cylindres (*fig. 280*). Le papier négatif a été enroulé à la fabrique au moyen d'une machine spéciale qui lui donne une tension uniforme sur une bobine de bois qui est reçue dans un châssis et fixée à

l'aide d'une vis (*fig. 281.*) Le papier passant sur une planchette (*fig. 282*), qui le maintient rigide pendant l'exposition à la lumière, est fixé ensuite par pression sous une baguette en cuivre; lorsqu'il est impressionné, il est enroulé au moyen d'une clef sur la bobine opposée; ce même mouvement amène sur la planchette une nouvelle portion de surface prête à être impressionnée. Un frein automa-

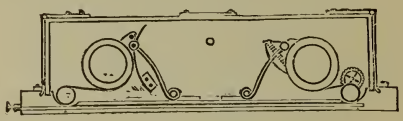


Fig. 283.

tique assure et régularise la tension du papier (*fig. 283*); un indicateur extérieur montre la position occupée par la surface sensible, et un perforateur automatique sert à tracer une série de trous qui délimitent la situation exacte entre les clichés consécutifs. Un marqueur automatique (*fig. 284*), imaginé par P. Nadar, peut s'adapter aux châssis à rouleaux et indiquer le nombre de poses déjà faites.

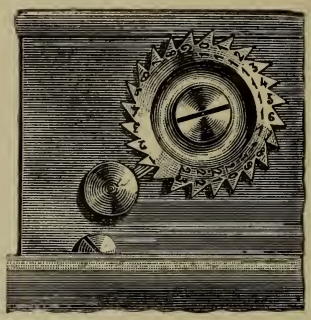


Fig. 284.

La compagnie Eastman avait primitivement construit un châssis dans lequel le bâti portant les bobines était en métal (*fig. 285*). Le nouveau modèle est plus léger et tout aussi solide que celui qui avait été primitivement construit. Dans l'un comme dans l'autre modèle le volet du châssis est constitué par une feuille d'ébonite que l'on retire complètement pendant le temps de pose; ce volet glisse entre deux règles garnies de velours et qui, constamment poussées par des ressorts, s'opposent à l'entrée de la lumière.

**125. Châssis multiplicateur.** — Nous avons décrit en même temps que la chambre noire d'atelier le châssis multiplicateur qui est destiné à la production de deux clichés différents sur la même

glace. M. P. Henry a récemment perfectionné cet appareil pour les chambres destinées au travail de l'atelier. Dans ce nouveau multiplicateur (*fig. 286*) la glace dépolie fait partie du chariot, ce qui est avantageux quand il s'agit d'opérer rapidement; de plus, au lieu d'ouvrir successivement chacun des côtés du châssis lorsqu'on veut opérer, on soulève ce ressort pour dégager de son encastrement la tige sur laquelle il agit, on pousse de gauche à droite tout le chariot; aussitôt que la tige rencontre un nouvel encastrement elle s'y loge, pourvu qu'on ait eu le soin de lâcher le ressort dès que le chariot a déjà commencé de marcher vers la droite. Une plaque d'ivoire qui se

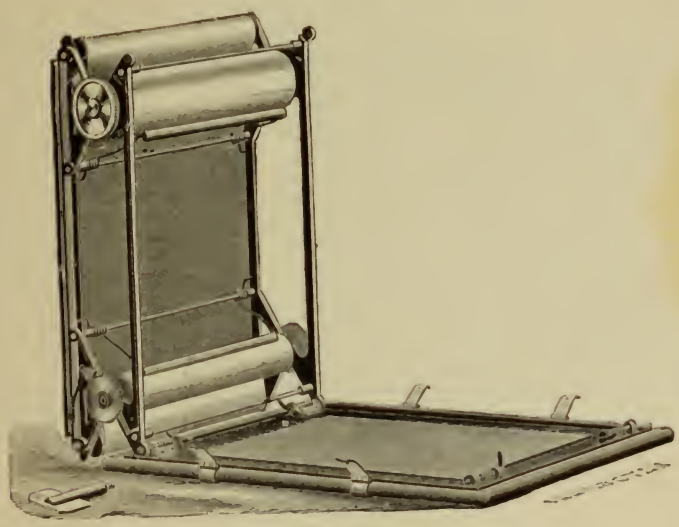


Fig. 285.

trouve placée sous un index indique si l'on est dans la position convenable; cette manœuvre s'effectue avec une très grande rapidité.

S'il s'agit d'appliquer le multiplicateur aux chambres de voyages, M. P. Henry lui donne la disposition représentée par la figure 287, disposition qui se comprend à la seule inspection de la figure.

Claudet[1] a employé un châssis multiplicateur tournant autour d'un axe horizontal passant par le centre de la glace sensible. L'appareil présentait la forme d'un châssis ordinaire muni de quatre ouvertures; ce châssis recevait un mouvement de rotation sur lui-même qui amenait chaque fois une nouvelle portion de surface sensible au foyer de l'objectif; des repères à

1. *Répertoire encyclopédique de photographie*. I, p. 149.

ressort permettaient de s'assurer que l'ouverture était amenée à l'endroit requis.

Franck de Villechole[1] adapte à la partie postérieure de la chambre noire un tronc de pyramide plus ou moins long, terminé par un cadre portant un châssis de dimensions plus grandes que celui de la chambre noire primitive ; on a ainsi un dispositif permettant d'obtenir de grandes images avec une chambre de dimensions réduites.

**126. Châssis et boîte à escamoter.** — Le châssis à escamoter est composé d'un châssis analogue à ceux dont on se sert ordinairement, mais

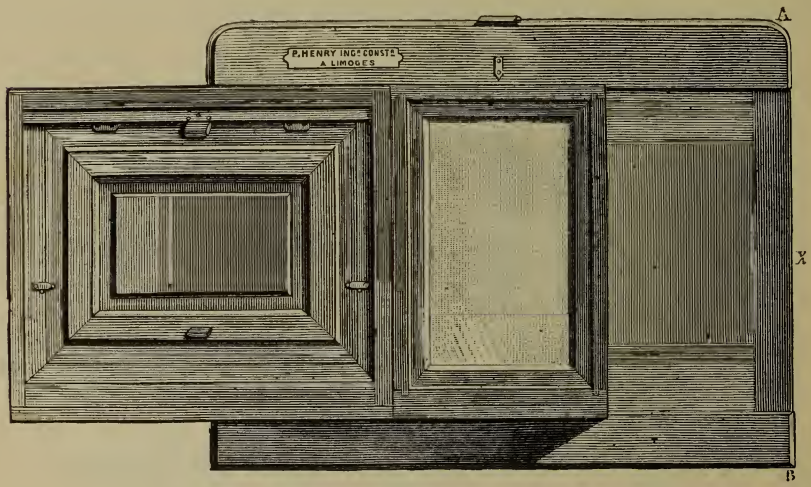



Fig 286.

plus épais. Il est muni d'une rainure par laquelle la glace sensible, après exposition à la lumière, peut être replacée dans la boîte à glace en adaptant, à l'aide de coulisses, le châssis sur cette boîte (*fig. 288*). Une ouverture maintenue fermée par un ressort sur lequel peut agir l'opérateur permet l'introduction dans la boîte de la glace qui a reçu l'action de la lumière. On fait avancer le couvercle de la boîte jusqu'à ce que l'index D ait montré que l'on étaiten face d'une nouvelle glace n'ayant pas subi l'action de la lumière ; on retourne la boîte, on agit sur les ressorts qui ferment les ouvertures du châssis et de la boîte, on retourne tout le système : la nouvelle glace tombe dans le châssis par son propre poids. On laisse agir les ressorts, on sépare le châssis de la boîte à glace : il est prêt alors à être placé dans la chambre noire.

M. Edgis[2] a imaginé un modèle assez original. Sa boîte à escamoter consiste essentiellement en une boîte dans laquelle les glaces sont placées à

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 239.
2. *Ibid.*, 1884, p. 38.

plat les unes sur les autres, séparées seulement par une bande de caoutchouc. Le châssis à escamoter, au lieu de s'adapter à la boîte par une de ses tranches, s'y adapte par son plat. Il suffit alors d'ouvrir le volet du châssis et le volet qui ferme la surface la plus large de la chambre pour faire tomber à plat une glace dans le châssis. La glace exposée est replacée dans la boîte par une manœuvre identique, en adaptant le châssis à l'autre face de la boîte.

Le châssis à escamoter n'est pas pratique pour changer des plaques de grandes dimensions : dans ce cas, on emploie une grande caisse pouvant

Fig. 287.

contenir le châssis négatif et la boîte à glaces. Cette caisse est percée de deux fenêtres munies de verre rouge et de deux ouvertures permettant de passer les bras pour effectuer le changement des plaques à l'abri de la lumière du jour. L'opérateur doit recouvrir d'un voile noir la partie supérieure de la caisse, et c'est au travers de la fenêtre supérieure, sous le voile noir, qu'il examine soit les opérations, soit la mise en place de la plaque. Marinier[1], D. Smith[2], Highley[3], Stolze[4], Percy, Hardwick[5], Poitrineau, de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, juin 1865.
2. *Phot. Archiv.*, 1866, p. 203.
3. *British Journal of Photography*, t. VIII, p. 290.
4. *Phot. Wochenblatt*, 1881, pp. 107, 279.
5. *British. Journ. Phot. Almanach*, 1879, p. 163.

Sars [1], etc., ont imaginé diverses formes de caisses facilement transportables et qui permettent de changer aisément les plaques qui ont subi l'action de la lumière.

**127. Châssis pour développement.** — Lorsque le collodion humide était à peu près exclusivement employé pour obtenir les négatifs, l'on cherchait à effectuer le développement de la glace dans la chambre noire elle-même. Besson [2] a construit dans ce but un châssis formé de deux glaces distantes l'une de l'autre de 5 millimètres environ et maintenues à cette dis-

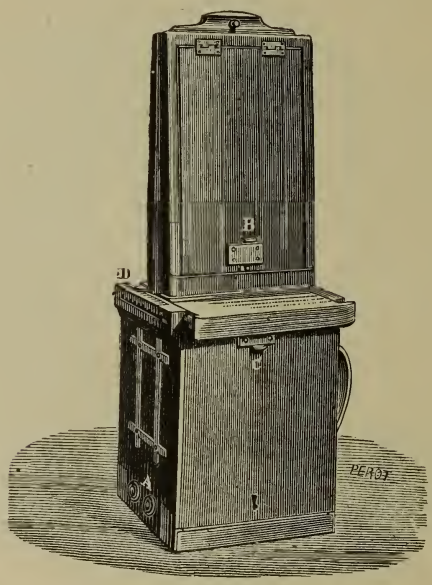



Fig. 288.

tance par des montants en bois qui forment entre elles deux un espace exactement fermé. La glace d'arrière est noircie; l'image se développe pendant l'exposition, mais lentement. Claudet [3] avait, en 1842, fait arriver des vapeurs de mercure dans la chambre noire pendant l'exposition à la lumière d'une plaque de daguerréotype; une petite ouverture permettait d'examiner la venue de l'image pendant la pose.

Newton [4] en 1853, Alfieri [5] en 1856, ont imaginé divers modèles de chambre noire permettant d'effectuer soit la sensibilisation, soit le développement sans retirer la glace de l'appareil. Titus Albitès a construit, en 1859, un

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1873, p. 177.
2. *Ibid.*, 1858, p. 35.
3. *Dingler's Polytechn. Journ.*, 87, p. 237.
4. *Horn's Photographic journal*, 1854, p. 47.
5. *Journ. Lond. Society*, VI, 220.
6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1860 à 1864, *passim*.

appareil dans lequel la glace était, après le collodionnage, saisie dans un cadre, sensibilisée dans une cuvette placée au-dessous de la chambre noire, puis exposée, développée par l'emploi du bain de fer, le tout en plein air.

Sabatier Blot[1] a employé un appareil dans lequel la glace, recouverte d'abord de collodion, fixée à une pince, est immergée à l'abri de la lumière dans une cuvette verticale placée au-dessous de l'appareil. On peut faire avancer successivement plusieurs cuvettes pour révéler, laver, fixer, etc.; chaque cuvette est amenée à la place convenable à l'aide d'une crémaillère. Weiske[2] a employé un appareil basé sur le même principe. Burgue[3] supprime la crémaillère pour faire avancer les cuvettes.

Dubroni[4] a employé un appareil dont le corps est une chambre noire en verre jaune. On collodionne une glace à la manière ordinaire, on la place dans la chambre noire au point où l'épreuve doit se former, on sensibilise : pour cela, on introduit à l'aide d'une pipette le bain d'argent, qui s'accumule à la partie inférieure du réservoir en verre jaune; on incline doucement l'appareil de façon à faire agir le bain sur la glace sensible; on retire à l'aide de la pipette le bain d'argent, on expose à la lumière; on fait agir successivement le révélateur, le fixateur, etc. P. Jule[5] a employé un dispositif analogue. Anthony[6] a construit un appareil qui permet d'opérer au collodion humide, aussi bien dans l'atelier qu'en rase campagne. Une cuvette sert de châssis négatif: la glace fixée à un crochet est sensibilisée dans cette cuvette; on la fait passer ensuite dans une seconde cuvette placée sous la base de la chambre noire; c'est là que s'effectue le développement.

Gauvain[7] a imaginé un châssis disposé de telle sorte qu'une fiole renfermant le bain d'argent, le révélateur, etc., peut s'adapter au châssis absolument étanche et agir sur la plaque sensible qui y est contenue.

Stein[8] a perfectionné l'appareil de Dubroni : il a remplacé les pipettes de caoutchouc dont l'usage n'était pas très commode par un châssis à cuvettes avec tube à robinet, qui permet de faire avec sécurité toutes les opérations photographiques.

Le châssis-cuvette du Dr Schaeb est un appareil qui peut s'adapter à toutes les chambres noires. Il consiste essentiellement en une cuvette faisant l'office de châssis; la glace sensible, après sensibilisation, adhère au fond de la cuvette; on place le révélateur dans la cuvette après la pose et on peut suivre la venue de l'image.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1863, p. 66.
2. *Phot. Archiv.*, 1864, p. 418.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1864, p. 34.
4. *Ibid.*, 1864, p. 90.
5. *Phot. Archiv.*, 1865, p. 207.
6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866, p. 170; 1867, p. 95.
7. *Ibid.*, 1867, p. 157.
8. *Phot. Correspondenz.*, 1872, p. 163.

### § 6. — PIEDS DE CHAMBRES NOIRES.

**128**. Les appareils qui servent à supporter les chambres noires photographiques prennent en général le nom de *pied*. On peut diviser ces appareils en deux grandes catégories, suivant qu'ils sont destinés à supporter des chambres noires d'atelier ou des chambres noires de voyage : les premiers ne devant pas être transportés et n'étant que

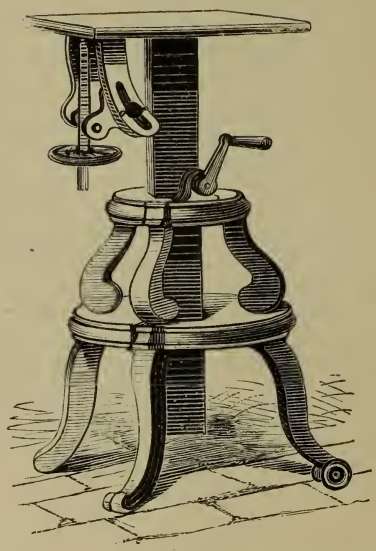


Fig. 289.

très peu déplacés peuvent être fort lourds : les seconds, au contraire, doivent être très légers et très rigides ; ils doivent être rapidement mis en station.

**129**. **Pied d'atelier**. — L'aspect général d'un pied d'atelier est celui d'une table ; c'est pour ce motif que l'on appelle quelquefois ces appareils *pieds-tables*. On les construit généralement en bois ; on en faisait autrefois en fer et fonte (voir *fig. 177*), mais l'on a renoncé à peu près complètement à ces derniers appareils parce qu'ils sont sujets à vibrer sous l'influence des causes les plus légères, inconvénient que ne présentent pas les pieds en bois.

Le pied d'atelier doit pouvoir s'abaisser suffisamment ; il faut que lorsque l'on fait le portrait d'une personne assise l'objectif puisse être amené à hauteur de la taille. Il est rare que l'on puisse y parvenir avec les appareils que l'on trouve dans le commerce ; nous considérons cette condition comme indispensable pour un pied d'atelier. La table sur laquelle on place la chambre noire doit pouvoir

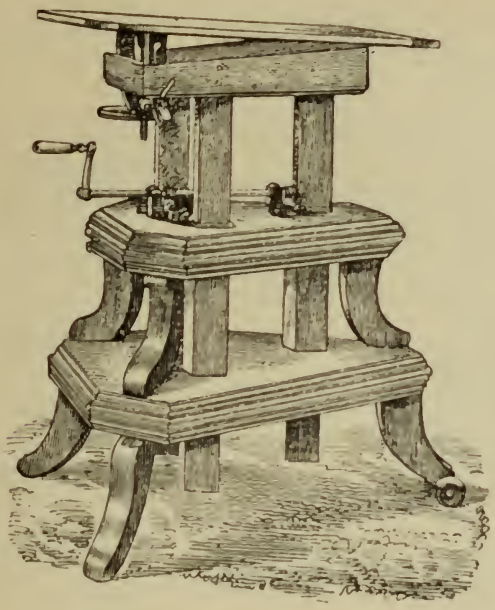


Fig. 290.

s'élever facilement : on y parvient en adaptant au montant une crémaillère (*fig. 289*) que l'on manœuvre à l'aide d'une manivelle. Keesen[1] a employé les pieds d'atelier à double crémaillère ; Gilles donne à cet appareil la forme représentée par la figure 290 ; c'est le modèle adopté pour les dimensions moyennes de chambre noire.

S'il s'agit de supporter de très grands appareils, tels que les chambres noires à plusieurs corps, on emploie des pieds extrêmement solides. Nous nous servons du modèle de M. Gilles (*fig. 291*) pour les chambres noires à reproduction. Ce pied se manœuvre facilement. La tablette supérieure peut s'incliner, il suffit d'agir sur une seule des

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 307.

deux crémaillères pour obtenir une inclinaison suffisante dans la plupart des cas. Le pied est muni de roulettes qui permettent de le déplacer.

Humbert de Molard[1] a indiqué un dispositif qui permet de faire rentrer les roulettes dans un socle : le pied est alors fixé d'une façon absolument stable ; on arrive au même résultat à l'aide de vis calantes que l'on fait descendre lorsque l'appareil est convenablement placé. J. Wanaus a fait breveter à Vienne[2] un modèle de pied dans lequel on trouve un dispositif assez semblable au précédent.

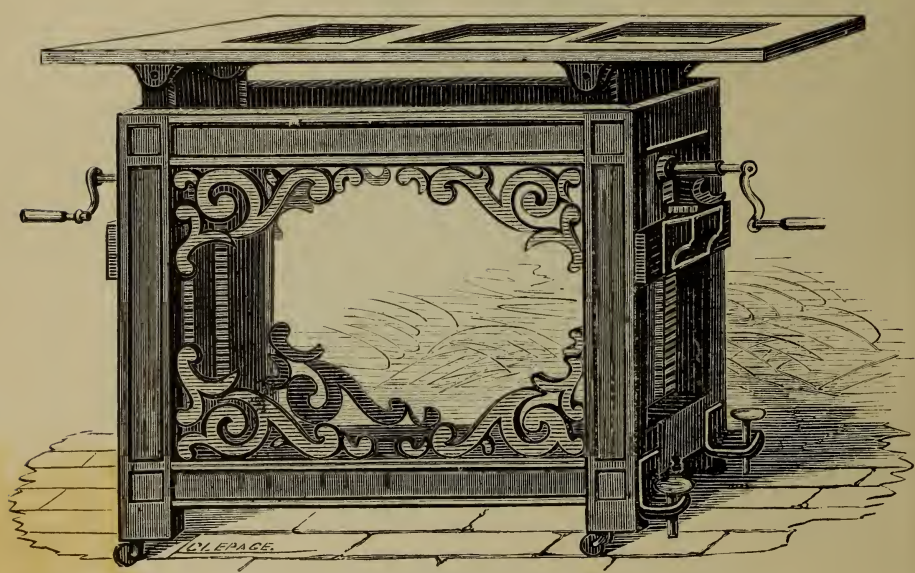



Fig. 291.

P. Henry a adopté comme support de chambres noires de très grandes dimensions le modèle représenté par la figure 292. Par l'emploi de cet appareil on obtient très aisément l'horizontalité des chambres noires destinées à la production de grands clichés.

**130. Pieds de campagne.** — Le pied destiné à supporter les chambres noires de voyage doit être fort léger et fort solide ; on lui donne l'une des formes représentées par la figure 293. Ces pieds doi-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p 301.
2. Brevet du 27 mars 1863.

vent pouvoir supporter un poids assez considérable et résister aux vibrations que le vent imprime aux appareils. Il est important que la tête du pied soit assez large. Les modèles dans lesquels chaque branche est formée de deux tiges réunies par le bas et s'écartant dans le haut pour s'assembler sur la tête du pied sont ceux qui offrent le

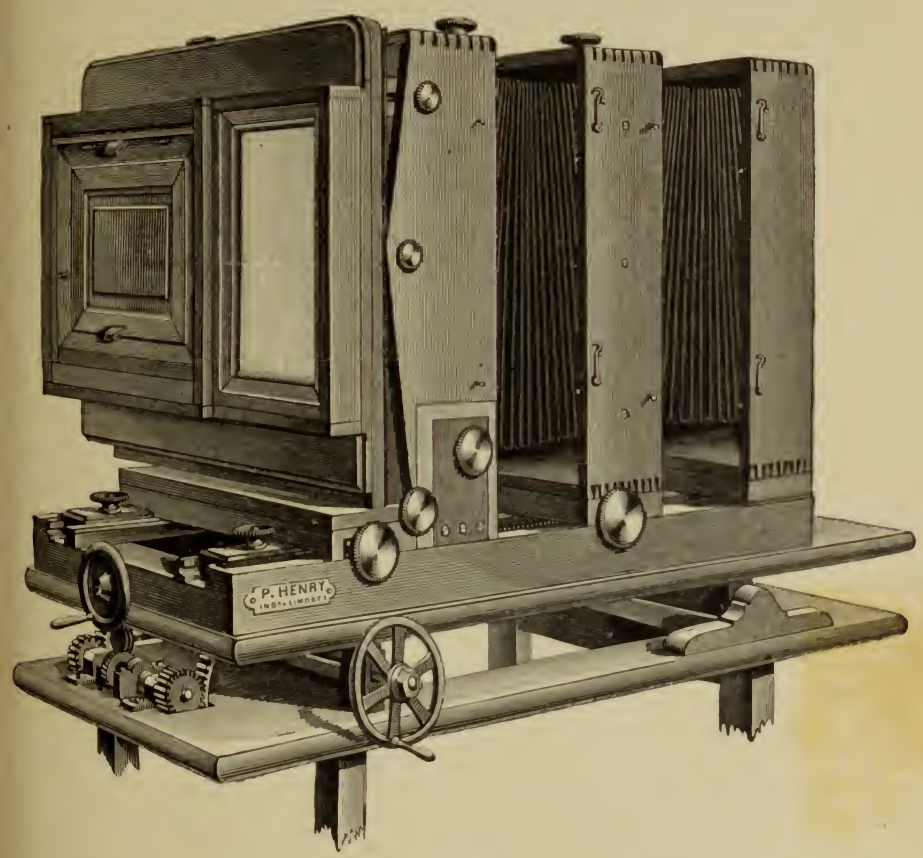



Fig. 292.

maximum de stabilité, surtout si l'écart dans le haut est considérable. Ces conditions sont réalisées dans le pied qui supporte le modèle de la chambre de M. Civiale *(fig. 182*, p. 221*)*.

Pour la commodité du transport, il est bon que chacune des tiges du pied soit formée de deux morceaux glissant l'un dans l'autre à coulisse, ou bien pouvant pivoter autour d'une vis à oreilles. La tête du pied est munie d'un

anneau en zinc dans laquelle vient se loger une rainure semblable placée à la base de la chambre noire; on peut par ce moyen mettre en place sans tâtonnement dans son écrou la vis qui sert à fixer la chambre noire sur son pied.

Le modèle de pieds à trois branches n'a pas été le seul que l'on ait adopté. Clement[1] se servait d'un pied composé de supports à huit branches supportant une tablette ployante; Lacombe[2] a employé un pied à noix semblable à ceux que l'on emploie pour la topographie. Porro[3] a recommandé

Fig. 293.

le pied à cinq branches : il se compose d'un plateau mobile sur deux pivots; de ces deux pivots partent quatre branches qui se réunissent à terre deux à deux, et de l'un d'eux une seule branche arrive jusqu'à terre; l'ensemble des cinq branches avec la ligne qui rejoint les deux pivots et les trois côtés du triangle de pose sur le terrain forme les arêtes d'un tétraèdre; de là dérive la stabilité.

Pour supporter de grandes chambres noires, Relandin[4] construisait un pied à six branches, avec triangle articulé de 0m35 de côté; pour résister

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1855, p. 38.
2. *Ibid.*, 1855, p. 344.
3. *Ibid.*, 1856, p. 119.
4. *Ibid.*, 1856, p. 120.

aux vibrations que le vent aurait pu imprimer aux appareils quand on se servait d'objectifs à long foyer, il ajoutait une double branche supplémentaire (*fig. 294*).

Hooper[1], de Manchester, a construit un pied fort solide si l'on ne l'emploie que pour les petites dimensions d'appareil ; il se replie comme un parapluie et tient fort peu de place. Haton de la Goupillère[2] a imaginé un appareil qui ressemble au précédent : c'est un pied à six branches qui s'ouvre comme un parapluie et qui fermé a la forme d'un bâton de voyage. Ch. de Barrau[3] se servait d'un pied permettant de placer la chambre noire

Fig. 294.

dans une position horizontale sans déplacer les points de contact des trois branches du pied avec le sol (*fig. 295*).

Dans quelques opérations photographiques, le lever des plans par exemple, on a besoin de placer la base de la chambre noire dans un plan horizontal. M. Silvy[4] obtient cette horizontalité par le moyen suivant : la partie supérieure du pied est formée d'un plateau attaché à une boule d'une manière invariable par une tige rigide portant à l'autre extrémité un contrepoids. Comme la boule repose sur un anneau circulaire et joue librement, sollicitée par le contrepoids, elle donne aussitôt au plateau supérieur l'horizontalité parfaite par rapport à la verticale, quelle que soit la posi-

1. *The Liverpool and Manchester Photographic journal*, 1858.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1861, p. 20.
3. *Ibid.*, 1862, p. 324.
4. *Ibid.*, 1863, p. 30.

tion imprimée à la tablette inférieure par les accidents du terrain. L'horizontalité ainsi déterminée est maintenue par quatre vis de pression.

G. Shadbolt[1] a imaginé un pied comprenant six doubles branches articulées que l'on relie à un triangle en fonte ou en bois; les branches articulées permettent un transport très facile.

Warnerke[2], pour réunir les diverses branches qui composent le pied, se

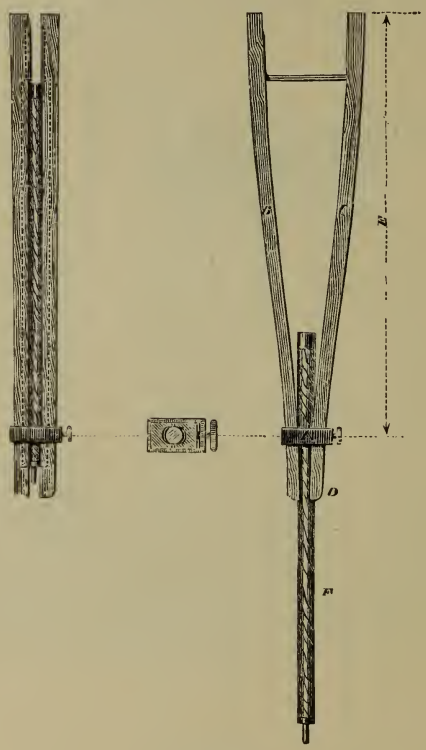



Fig. 295.

sert de trois pièces de bois maintenues par un écrou; des mortaises entaillées dans ces tiges leur donnent une grande solidité.

M. Durand[3] emploie un pied-canne composé de trois tubes de fer-blanc dans lequel se meuvent trois bâtons de peuplier; une bague de cuivre, soudée sur l'un des tubes, sert à maintenir les trois. Pour monter le pied, il suffit de tirer la bague à l'endroit où elle est soudée sur l'un des tubes : celui-ci s'allonge, dégage les autres; on tire le bois logé dans chaque tube, jusqu'au moment où un ressort de parapluie venant à se dégager l'empêche de rentrer; le pied mis en place est prêt à recevoir l'appareil.

1. *British journal of Photography*, VII, p. 288.
2. *Phot. News*, 1879, p. 549.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1874, p. 127.

M. de La Laurencie[1] se sert d'un pied-canne formé par six brins de bambou blanc rentrant deux à deux les uns dans les autres, à la façon des cannes à pêcher. Chacune des branches ainsi obtenues mesure 1m40, est solidement cerclée de cuivre et munie d'une pique en fer. Une planchette en acajou verni, renforcée par un triangle de laiton muni de trois boulons articulés, sert à réunir les trois branches de bambou. On place la chambre noire sur cette planchette.

On a construit bien d'autres modèles de pied-canne. M. le Dr Candèze emploie pour son scénographe une canne composée de trois tubes rentrant l'un dans l'autre : ces trois tubes sont réunis à l'aide d'une tête (*fig. 296*) sur laquelle peut se visser la chambre noire.

L'on peut avoir quelquefois à opérer dans un local dont les surfaces sont dallées et glissantes : il est alors fort difficile de maintenir le pied à trois branches. M. Davanne[2] a obvié à cet inconvénient en se servant d'un petit

Fig. 296.

système de trois courroies de cuir réunies chacune par une extrémité à un anneau central. Chaque branche du pied est placée sur une des courroies, arrêtée par les trous que l'on y a fait. On peut donner à l'appareil toutes les positions nécessaires sans crainte de le voir glisser et sans altérer les parquets sur lesquels il est posé.

Depuis quelque temps on emploie, au lieu du triangle de bois ou de fonte, une tête de pied sphérique pouvant s'adapter à tous les appareils. Ce dispositif est pratique en ce sens que, si la chambre n'est pas trop lourde, on peut tout d'abord fixer solidement le pied sans s'inquiéter du niveau, puis sur cette installation stable effectuer la mise de niveau de la chambre noire. Ce résultat étant atteint, on *cale* la vis de serrage et l'on peut aussitôt effectuer la pose.

**131. Vis servant à fixer la chambre noire sur le pied.** — Le Congrès international de photographie, réuni à Paris en août 1889, a décidé que la vis servant à rattacher le pied à l'écrou fixé sur la chambre (*fig. 297*) serait la vis adoptée par la Société photographique de la Grande-Bretagne. C'est la vis dite $\frac{3}{8}$ de pouce du système Whitworth : elle mesure 0m0095 de diamètre extérieur, 0m0016 de pas,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1884, p. 323.
2. Barreswil et Davanne, *Chimie photographique*, 1864, p. 126.

et le filet a pour section un triangle isocèle de 55° d'ouverture, arrondi au sommet suivant un rayon de $\frac{1}{6}$ de sa hauteur. Les écrous des chambres doivent être faits d'après les mêmes règles et de façon à laisser subsister un jeu suffisant pour un usage facile.

Fig. 297.

Pour donner plus de stabilité aux pieds de chambre noire, il est utile dans certain cas d'attacher à la tête de la vis, qui sert à fixer l'appareil, une corde supportant un poids assez considérable (une pierre par exemple) (*fig. 298.*)

§ 6. — CHAMBRES NOIRES SANS OBJECTIFS; APPAREILS DIVERS.

**132. Chambres noires sans objectifs.** — L'emploi d'une chambre noire munie d'une petite ouverture donnant une image des objets extérieurs n'est pas récent en photographie. Berry, en 1855, a obtenu par ce moyen

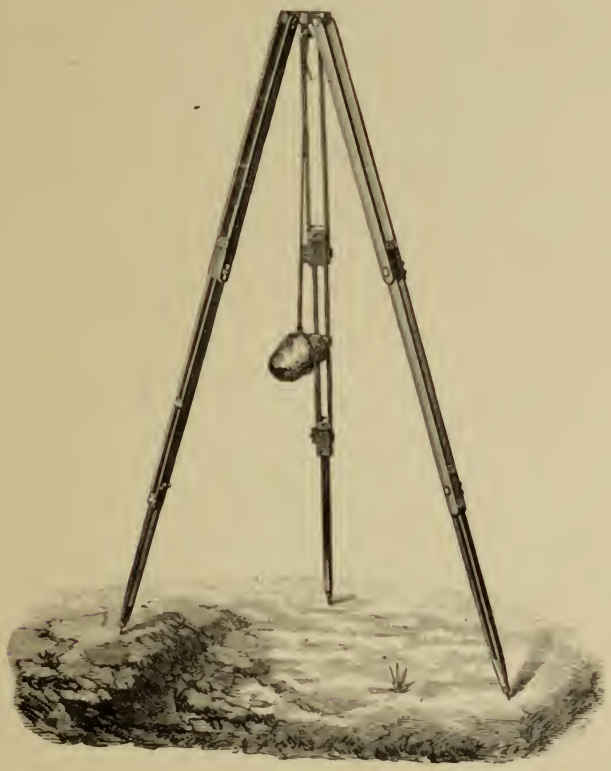


Fig. 298.

des vues[1] assez nettes. Émerson[2] avait étudié le diamètre des ouvertures relativement à la durée de la pose et se servait de la chambre noire sans objectif comme d'un photomètre. Rayleigh et Abney[3] ont repris cette question et trouvé que pour un foyer de 1 mètre par exemple, l'ouverture devait

1. *Horn's photographic Journal*, 1856, V, p. 2.
2. *Sillim. Journal*, XXXII, p. 227.
3. *Phot. News*, 1881, p. 200.

avoir 0m0028. Spiller[1] a obtenu des images assez nettes avec une ouverture de 0m0014 et un tirage de 0m26.

Colson a repris l'étude de la chambre noire sans objectif. Meheux[2] a fait observer qu'il fallait que le trou fût de forme conique, très ouvert, à bords tranchants, nets et sans stries, le trou cylindrique donnant de la réflexion par sa surface interne dans l'épaisseur du trou perforé. Il a constaté, comme ses devanciers, qu'avec des trous très petits la netteté diminuait; mais il croyait que l'image était toujours au point quelle que fût la longueur focale.

Miethe[3] a confirmé les résultats de Rayleigh et Abney; il a observé, comme ses prédécesseurs, que, pour obtenir le maximum de netteté avec une grandeur d'image donnée, il faut employer une ouverture ayant une grandeur déterminée, en dessus et au-dessous de laquelle la netteté diminue.

M. le capitaine Colson[4] a déterminé *par l'expérience* quel était le diamètre d'ouverture correspondant au maximum de netteté : l'expérience lui a démontré l'existence de ce maximum, et de plus, que le rapport du carré du diamètre à la distance focale est constante. Il appelle foyer la position de l'ouverture et de la glace dépolie pour laquelle l'image présente un maximum de netteté. La distance de la glace dépolie à l'ouverture peut être désignée sous le nom de distance focale principale; en désignant par F cette distance, $d$ le diamètre de l'ouverture, l'expérience prouve que l'on a

$$\frac{d^2}{F} = C,$$

C étant une constante égale sensiblement à 0,00081, avec une approximation de $\pm \frac{1}{9} d$ et par suite

$$d = 0{,}0284\sqrt{F}.$$

En exprimant F en millimètres, on aura $d$ en millimètres.

On peut tenir compte de la distance de l'objet à l'ouverture. Désignons par D cette distance et par $f$ la distance de l'image à l'ouverture. Cette distance sera donnée par la formule générale

$$f = \frac{d^2}{0{,}00081 - \frac{d^2}{D}}$$

M. Colson a admis que dans la mesure des diamètres d'ouverture l'approximation ne dépasse pas le dixième de millimètre, ce qui est suffisant dans la pratique. Il a résumé dans le tableau suivant les indications concernant les distances focales principales F, les limites entre lesquelles celles-ci varient pour une variation de diamètre de $\frac{1}{2}$ dixième de millimètre les écarts $d$ qui en résultent, et les minima D de distance de l'objet.

1. *Phot. News*, 1881, p. 247.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886, p. 131.
3. *Deutsche Photographen Zeitung*, 1888, n° 1.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1888, p. 90.

| *d* | *F* | LIMITES DE *F* | δ | D |
|---|---|---|---|---|
| 0,2 | 50 | 30 à 50 | 30 | 130 |
| 0,3 | 110 | 80 à 150 | 40 | 450 |
| 0,4 | 200 | 150 à 250 | 50 | 1000 |
| 0,5 | 300 | 250 à 370 | 70 | 2000 |
| 0,6 | 440 | 370 à 520 | 80 | 3300 |
| 0,7 | 610 | 520 à 700 | 90 | 4920 |
| 0,8 | 800 | 700 à 900 | 100 | 6200 |
| 0,9 | 100 | 900 à 1110 | 110 | 11240 |
| 1,0 | 1230 | 1110 à 1360 | 130 | 15110 |

Tous les nombres de ce tableau expriment des millimètres.

---

## BIBLIOGRAPHIE.


BLANCHÈRE (DE LA), *L'Art du photographe.*

— — *Monographie du stéréoscope.*

BUEHLER (O.), *Atelier und Apparaten des Photographen*, 1867.

DAVANNE, *La Photographie*, 1er vol., Paris, Gauthier-Villars.

EDER (Dr J.-M.), *Ausfürhliches Handbuch der Photographie*, I.

HARDWICH, *Photographic Chemistry.*

KLEFFEL, *Handbuch der practischen Photographie*, 1880.

LIESEGANG, *Handbuch der photographischen Verfahren mit Silberverbindungen.*

LIEBERT, *La Photographie en Amérique.*

LONDE, *La Photographie moderne.*

MOESSARD (P.), *Le Cylindrographe*, Paris, Gauthier-Villars.

MONCKOVEN (D. Van), *Traité d'optique photographique.*

— — *Traité général de photographie.* 8e édition.

PIZZIGHELLI, *Handbuch der Photographie fur Amateure und Touristen*, 1886.

SUTTON AND DAWSON, *Dictionary of Photography.*

VIDAL (L.), *Manuel du Touriste photographe.*

VOGEL (H.), *Lehrbuch der Photographie.*

# CHAPITRE V.

## ESSAI DE LA CHAMBRE NOIRE ET DES OBJECTIFS.

### § 1. — Chambres noires.

**133**. Les chambres noires bien construites doivent satisfaire à certaines conditions générales que nous avons sommairement indiquées en décrivant les divers modèles d'appareils. Ces conditions sont les suivantes :

1° La chambre noire doit être imperméable à la lumière difffuse;

2° Les deux faces opposées, celle qui porte l'objectif et celle sur laquelle se placent la glace dépolie et le châssis à épreuves doivent être parallèles;

3° L'axe de l'objectif doit être perpendiculaire à la surface de la glace dépolie;

4° La glace sensible doit pouvoir occuper *très exactement* la place de la glace dépolie.

Quelle que soit l'habileté du constructeur auquel le photographe s'est adressé, il est bon que l'opérateur puisse par lui-même examiner si ces conditions ont été réalisées dans l'appareil qui doit être employé : un petit nombre d'essais permet de s'en rendre compte.

**134. Obscurité dans la chambre noire.** — La lumière diffuse peut pénétrer accidentellement dans la chambre noire de plusieurs manières : 1° elle peut passer entre le châssis et le cadre qui sert à le placer; 2° par les angles d'un soufflet mal construit; 3° par la rondelle ou le cadre qui sert à fixer le soufflet; 4° l'objectif étant en place, si les diaphragmes ou l'obturateur sont défectueux; 5° si le châssis est mal construit et si le volet ne s'applique pas exactement contre le cadre.

Pour reconnaître l'un de ces défauts, il est bon de procéder de la façon suivante :

La chambre noire est montée sur un pied de campagne : on donne au soufflet le développement maximum que comporte l'appareil : on met en place le châssis négatif fermé, on enlève la planchette porte-objectif, on fixe un grand voile noir sur la partie antérieure de la chambre noire, et, après s'être complètement enveloppé avec le voile noir, l'on regarde pendant quelque temps par l'ouverture destinée à l'objectif ; on examine l'intérieur de la chambre noire pour s'assurer si elle est parfaitement obscure. On fait tourner la chambre sur son pied de manière à présenter successivement ses deux faces au soleil. Le même essai doit être répété avec chacun des châssis d'abord fermé, puis ouvert.

Cet examen ayant donné un résultat satisfaisant, on met en place les planchettes porte-objectifs (non percées) et l'on renouvelle le même essai en regardant par l'ouverture destinée à recevoir les châssis. Aucun objet brillant tel que la tête d'une vis qui ne serait pas noircie, un ressort, la rondelle porte-soufflet, etc., ne doit s'apercevoir. On répète cet essai après avoir muni les planchettes de leurs objectifs, obturateurs, etc. Avec certains objectifs (à diaphragme tournant), il est bon de faire l'essai en plaçant l'appareil de telle sorte que, la partie extérieure du diaphragme étant placée au soleil, l'ombre portée par ce diaphragme soit dans le plan même du diaphragme : l'objectif étant recouvert de son obturateur, aucune lumière ne doit être perçue à l'intérieur de la chambre.

Ces essais ayant donné de bons résultats, on enferme dans le châssis une glace sensible, on laisse l'objectif fermé, on met le châssis en place et on ouvre le volet. La glace préparée est ainsi abandonnée à l'obscurité de la chambre noire pendant une dizaine de minutes : on ferme le châssis et on développe la plaque : le développement ne doit accuser aucune trace d'action. Peu de chambres noires donnent un résultat satisfaisant lorsque cet essai est fait en plein soleil et que les plaques sont fort sensibles : c'est pour ce motif qu'il est d'usage de recouvrir tout l'appareil, sauf l'objectif, d'un grand voile noir avant d'ouvrir le volet du châssis.

Le bois de l'intérieur de la chambre noire doit être enduit d'un vernis brillant et non mat : on évite ainsi les réflexions des parois de la chambre. Certains opérateurs qui se servent d'objectifs très rapides interposent dans l'intérieur de la chambre un certain nombre de diaphragmes en carton recouverts de velours : le nombre de ces diaphragmes dépend de la longueur de la chambre ; dans tous les

cas, ils doivent permettre au cône lumineux entier qui émane de l'objectif de tomber sans arrêt sur la plaque sensible.

La construction des châssis à volets est quelquefois défectueuse et il est bien peu de ces appareils dont les volets ne laissent plus ou moins passer la lumière. On s'assurera qu'ils sont convenablement construits en renfermant dans le châssis une plaque très sensible et en transportant ce châssis au soleil pendant quelques minutes : la plaque soumise au développement ne doit accuser aucune trace d'action.

En pratique, les châssis renfermant les plaques sensibles doivent toujours être portés à la chambre noire sous un voile noir; pendant qu'on soulève le volet, le voile noir doit recouvrir le châssis. Cette manière de faire est indispensable pour éviter des insuccès lorsqu'on emploie les châssis *à volets;* avec le système *à rideaux,* cette précaution est presque toujours inutile.

**135. Parallélisme des faces.** — La face de la chambre qui porte le châssis dépoli et celle sur laquelle se fixe l'objectif doivent être parallèles; ces deux faces doivent d'ailleurs être perpendiculaires à la base de la chambre noire.

Cette perpendicularité doit pouvoir subsister dans les diverses positions des deux faces : on s'en assure à l'aide d'une longue équerre bien construite et d'une règle graduée permettant de mesurer la distance des divers points homologues des deux faces.

Il est quelquefois utile d'employer le châssis *basculant :* ce châssis permet d'augmenter le rendement d'un objectif. L'emploi du châssis basculant est bien préférable à l'emploi de porte-objectifs ou porte-châssis à charnières, parce que ces divers systèmes déplacent nécessairement l'axe de l'objectif par rapport au centre de la plaque.

Le châssis à bascule se place à la partie postérieure de la chambre (voyez *fig. 173,* p. 210). Il consiste essentiellement en un cadre à rainures destiné à recevoir le châssis négatif et qui peut s'incliner par rapport à l'axe de l'objectif. Si le cadre ne peut se mouvoir qu'autour d'un axe, la bascule est dite *simple;* si le châssis peut se mouvoir autour d'un axe vertical et autour d'un axe horizontal, la bascule est *double.* Le centre de mouvement de la bascule doit coïncider avec le centre de la plaque.

Le grand avantage de la bascule consiste en ce que l'on peut obtenir une image nette d'objets situés à des distances différentes de

l'objectif sans avoir recours à de trop petits diaphragmes. La bascule permet donc d'atteindre le résultat que procure l'usage de petits diaphragmes sans présenter les inconvénients qui proviennent de leur emploi. Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'obtenir avec un objectif de 0m40 de foyer[1], sur une plaque 0m24 × 0m30, une image d'un des côtés d'une rue dont la maison la plus rapprochée se trouve à 15 mètres et la plus éloignée à 800 mètres de l'objectif : il est clair que dans ce cas le tirage de la chambre noire devra être plus long pour l'avant-plan que pour les objets éloignés. Le calcul démontre que la différence focale correspondant à la différence de distance s'élève à environ 0m0125. L'emploi d'un diaphragme $\frac{f}{40}$ permettra d'obtenir une image nette de ces divers plans ; mais si l'on a recours au châssis basculant, on pourra obtenir une image également nette avec un diaphragme dont le rapport d'ouverture sera $\frac{f}{20}$ : on opérera donc *quatre fois plus vite*. En effet, mettons au foyer un objet situé à moitié distance du plan le plus éloigné, faisons occuper à cet objet le centre de la plaque et faisons basculer le châssis sur son axe vertical de 0m006, l'image sera partout également nette.

L'emploi de la bascule horizontale est utile pour photographier une vue comprenant des objets rapprochés de l'objectif et d'autres situés à une très grande distance. En faisant basculer le châssis sur son axe horizontal on égalisera les distances focales et on aura une netteté tout aussi bien répartie que si l'on avait employé un petit diaphragme.

Pour le portrait, pour les groupes, l'emploi de la bascule est très précieux parce qu'il permet d'opérer très rapidement. Pour photographier un modèle assis, on se servira de la bascule horizontale ; pour un modèle qui est placé de profil, on emploiera le châssis basculant autour d'un *axe vertical*.

Le châssis à bascule ne doit pas être employé pour photographier des plans. Dans ce cas, il faut qu'il y ait parallélisme complet entre les deux faces de la chambre noire et l'objet à copier ; il en est de même pour les reproductions de certains monuments, etc. On doit donc pouvoir retrouver ces conditions de parallélisme dans tous les appareils.

1. Dallmeyer, *Du choix et de l'emploi des objectifs photographiques*, Puech, à Paris.

**136. Perpendicularité de l'axe de l'objectif sur la surface sensible.** — Lorsque la chambre noire, munie de l'objectif, est dans sa position normale, l'axe de l'objectif doit être perpendiculaire sur le plan de la glace dépolie; le pied de cette perpendiculaire doit se confondre avec le centre de la glace dépolie. On s'assure qu'il en est ainsi en couvrant les lentilles de l'objectif de deux rondelles de carton exactement ajustées; au centre de ces rondelles, on perce un trou avec une forte épingle, on place l'objectif sur la planchette que l'on monte sur la chambre noire, on tourne l'objectif vers la lumière. En examinant la glace dépolie, on aperçoit un disque lumineux dont le centre doit coïncider avec celui de la glace[1].

**137. Glace dépolie.** — La glace sensible renfermée dans son châssis doit venir occuper rigoureusement la place de la glace dépolie. On s'en assure de la façon suivante : on met au point au centre de la glace dépolie un objet à contours bien nets, tel qu'un titre de journal ou de livre; la mise au point doit être faite en s'aidant d'une forte loupe que l'on appliquera sur le verre dépoli. Après la mise au point, on remplace le cadre à verre dépoli par un châssis négatif contenant une glace finement dépolie; on observe la netteté de l'image. Elle doit être la même que sur le verre dépoli si les châssis sont bien ajustés; s'il n'en est pas ainsi, il faut changer la position du verre dépoli dans son cadre jusqu'à ce que l'on obtienne ce résultat.

Cette vérification ne peut, avec certains châssis, être faite de la manière que nous venons d'indiquer. En l'absence d'instruments spéciaux, on peut mesurer, au moyen d'une règle à T, la distance qui sépare la partie antérieure de la chambre du verre dépoli, puis celle qui sépare cette même partie antérieure de la surface d'une plaque sensible placée dans le châssis; mais c'est là un moyen qui manque de précision et qui est absolument à rejeter pour la vérification des chambres noires de petite dimension.

Ces divers essais doivent être exécutés en employant des glaces, car les verres ordinaires ne sont pas assez plans pour ces opérations.

Quelquefois, le ressort destiné à maintenir les glaces dans des châssis simples est trop fort et courbe la plaque dans son centre d'une façon assez sensible; la surface du verre présente une courbure de sens contraire à celle de la surface focale. On obtient alors un manque

1. Davanne, *La Photographie*, I, p. 50.

de netteté très prononcé. Ce défaut est sensible surtout avec les verres de grande dimension. On peut éviter complètement cette cause d'erreur en enlevant le ressort trop fort et le remplaçant par deux autres plus faibles, placés de façon à presser également sur les deux extrémités de la plaque. Certains ressorts agissant sur des verres minces peuvent amener des déformations du verre qui se traduisent par des images absolument défectueuses.

**138. Planchettes d'objectifs.** — Les planchettes d'objectifs doivent s'adapter facilement dans un cadre susceptible de glisser entre deux rainures, de telle sorte que l'axe de l'objectif puisse être élevé, abaissé ou déplacé latéralement. Nous avons indiqué les dispositifs employés à cet effet.

Pour faciliter le transport d'un objectif d'une chambre noire sur une autre par le déplacement de la planchette qui le supporte, il est utile que les planchettes soient établies d'après des règles uniformes.

Le Congrès international de photographie, réuni à Paris au mois d'août 1889, a formulé les résolutions suivantes :

Les planchettes d'objectif seront de forme carrée et s'adapteront dans un cadre de même forme, les constructeurs restant libres d'ailleurs d'adopter le mode de fixation qu'ils trouveront préférable. Pour les chambres de dimensions courantes, ces planchettes formeront une série correspondant à celle des montures des objectifs et qui comportera les numéros et les dimensions suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Numéros. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Dimensions du côté. | $0^{m}075$ | $0^{m}10$ | $0^{m}125$ | $0^{m}150$ | $0^{m}200$ |

Les planchettes des quatre premiers numéros auront une épaisseur de $0^{m}005$, et la dernière aura une épaisseur de $0^{m}0075$. Ces planchettes pourront recevoir chacune les montures d'objectifs du numéro immédiatement inférieur.

## § 2. — Essai des objectifs.

**139. Rondelles d'objectifs.** — Pour fixer l'objectif à la chambre noire, on adapte une fois pour toutes, à l'aide de vis, sur la planchette porte-objectif, une rondelle filetée ; cette rondelle forme un écrou sur lequel se visse l'embase filetée de la monture des lentilles.

Chaque constructeur possède un très grand nombre de modèles d'embases, qui diffèrent souvent très peu les uns des autres. Il y aurait grand avantage à réduire le plus possible le nombre de ces accessoires, fort encombrants en voyage. Dallmeyer, l'un des premiers, a réduit ce nombre et emploie une série de dix rondelles pour des objectifs dont le diamètre des lentilles est au maximum de $0^m108$. Ces dix rondelles servent à fixer environ soixante et dix modèles différents d'objectifs (nous laissons de côté les objectifs de très grande dimension). Mais tous les constructeurs ne sont pas entrés dans cette voie si rationnelle qui permet de n'avoir qu'une ou deux rondelles et, par suite, une ou deux planchettes pour une dimension de plaque déterminée. De là une source d'erreurs et d'embarras lorsque l'on travaille avec une série d'objectifs de divers fabricants.

Le Congrès international de photographie de 1889, dans le but de faciliter l'adaptation des divers objectifs sur les chambres noires, a formulé certaines recommandations qu'il y aurait grand intérêt à voir observées par tous les fabricants. Tout acheteur d'objectifs qui tiendra à simplifier ses travaux devra demander à l'avenir des objectifs à embases et rondelles établies conformément aux décisions du Congrès ; ces décisions sont les suivantes :

Les embases filetées qui font partie des montures des objectifs devront être fixées sur le corps même de ces montures et non sur le barillet des lentilles qui y sont engagées.

Pour les objectifs de dimensions courantes qui seront construits à l'avenir, on emploiera une série normale d'embases filetées portant les numéros et ayant les diamètres extérieurs indiqués ci-dessous :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Numéros : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Diamètres : | $0^m040$ | $0^m050$ | $0^m075$ | $0^m100$ | $0^m125$ |

Les chambres noires devront porter sur leurs planchettes des rondelles filetées correspondantes, formant écrou pour filetage.

Les corps des montures des objectifs pourront, par suite, être de diamètre quelconque et s'adapter d'une façon quelconque sur les embases, mais ils devront porter une embase filetée se vissant sur la rondelle-écrou.

Les pas de vis des rondelles des numéros 1 à 4 seront de $0^m001$, et exceptionnellement celui du n° 5 sera de $0^m0015$. Les filets auront pour section un triangle équilatéral à angles arrondis.

Pour les très petits objectifs, on adoptera sous le numéro 0 la rondelle déjà admise universellement pour la monture des objectifs de microscopes. Cette rondelle est comme de tous les bons constructeurs d'instruments d'optique sous le nom de pas de vis de la Société microscopique (Standar-Screw, Society-Screw).

Les appareils existants, objectifs et rondelles, pourront être amenées aux dimensions normales adoptées par le Congrès en changeant ou retouchant les rondelles fixées sur les planchettes ou les embases montées sur les objectifs, ou en faisant usage de rondelles intermédiaires filetées de dimensions convenables.

**140. Adapteur.** — Les décisions du Congrès relatives aux objectifs nécessitent pour le matériel déjà existant certaines dépenses

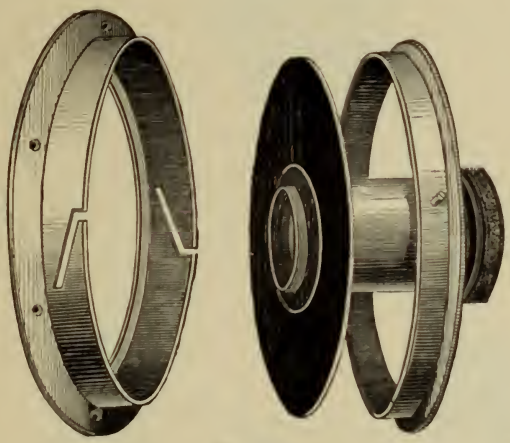


Fig. 299.

et un travail délicat ne pouvant être entrepris que par des constructeurs habiles. Si l'on ne veut pas recourir à ce procédé coûteux, l'on peut se servir d'un *adapteur*. L'un des meilleurs a été indiqué par M. Molteni [1]. Cet appareil a été signalé par le Congrès comme donnant une solution commode du problème ayant pour objet le montage facile des objectifs.

Ce procédé consiste à faire usage d'une rondelle à bague intérieure portant une baïonnette inclinée, ce qui permet d'obtenir un serrage rapide et suffisamment fort sur les disques annulaires découpés dans des feuilles de carton, de métal ou d'ébonite (*fig. 299*).

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 121.

Ces disques ont pour diamètre extérieur uniforme le diamètre intérieur de la rondelle et peuvent être pincés par leur bord sous la bague à baïonnette (*fig. 300*). Ils ont pour diamètre intérieur un diamètre

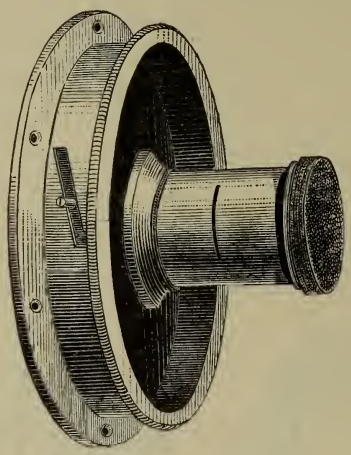


Fig. 300.

égal à celui du filetage pratiqué sur l'embase de l'objectif, de façon à pouvoir se placer sur cette embase après enlèvement de la rondelle de l'objectif. Ils s'engagent donc entre l'embase de l'objectif et la rondelle

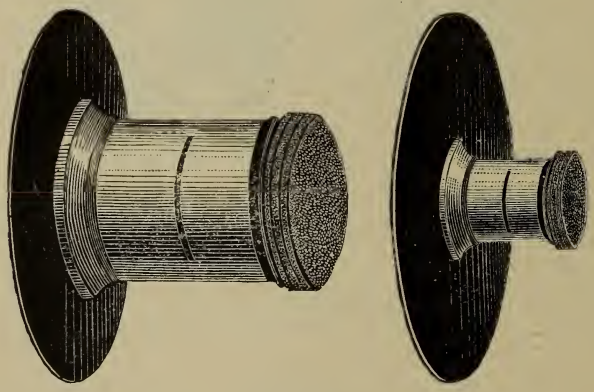


Fig. 301.

et sont fixés par serrage entre les deux en donnant de cette façon à l'objectif une seconde embase de grande dimension (*fig. 301*). On doit préparer autant de disques de ce genre que l'on a d'objectifs de diamètres différents à fixer sur la chambre noire.

M. Franck de Villechole[1] a proposé de simplifier ce mode d'attache en faisant de véritables planchettes en métal sur lesquelles l'objectif se fixerait, comme l'a indiqué M. Molteni, en pinçant la plaque métallique entre la rondelle et l'embase de l'objectif.

**141. Essai des objectifs.** — Essayer un objectif c'est comparer cet instrument avec un autre pris comme type, que ce type-unité existe ou bien qu'il soit fictif. Cette comparaison, pour avoir quelque valeur, doit être faite par une méthode précise, rapide, simple, permettant de *mesurer* en quelque sorte les mérites de l'objectif. Il est évident que cette mesure ne peut être faite par la simple comparaison d'une ou deux épreuves ordinaires (portrait, paysage, intérieur, etc.). Procéder ainsi serait aussi dénué de sens que de vouloir effectuer une mesure en l'absence d'unité.

Il faut déterminer les propriétés essentielles d'un objectif pour se prononcer sur sa valeur. Ces propriétés, au point de vue pratique, sont les suivantes[2] :

1° La longueur de la distance focale principale ;
2° La forme de la surface focale principale ;
3° La profondeur de foyer ou le volume focal principal ;
5° L'astigmatisme ;
5° La distorsion ;
6° Le champ ;
7° La clarté ;
8° L'achromatisme.

La *longueur focale principale* est la distance qui sépare le plan focal principal du point nodal correspondant.

La *surface focale principale* est une surface (symétrique par rapport à l'axe optique) sur laquelle viennent se former les images des objets éloignés. Les efforts de l'opticien tendent à aplatir cette surface focale sur le plan focal. Le *champ plan minimum* est la portion de l'espace pour laquelle la surface et le plan tangent à cette surface (plan du verre dépoli des photographes) se confondent ou ne diffèrent que d'une quantité très petite.

La *profondeur de foyer* ou volume focal principal provient de ce que, grâce à l'emploi du diaphragme, la surface focale possède une

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 121.
2. P. Moessard, *Étude des lentilles et objectifs photographiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

certaine épaisseur qui constitue ainsi un *volume focal :* l'opérateur peut faire avancer ou reculer le verre dépoli dans cet espace sans que l'image obtenue cesse d'être pratiquement nette.

Nous avons vu (page 59) que l'*astigmatisme* provenait de la grande inclinaison des rayons sur l'axe : chaque point de l'objet, au lieu de donner naissance à un foyer conjugué unique, fournit après réfraction deux éléments rectilignes, séparés et situés sur l'axe secondaire dans deux plans à angle droit; plus les rayons sont obliques, plus ces deux éléments focaux s'allongent en s'écartant l'un de l'autre : un cercle donne naissance à un ovale.

La *distorsion* provient des aberrations des lentilles : elle augmente avec l'inclinaison des rayons incidents sur l'axe ; les lignes droites du modèle cessent d'être droites sur l'image.

Le *champ* d'un objectif se mesure en général par l'angle du cône limitant l'espace dont cet objectif peut fournir l'image; ce cône a son sommet au point nodal d'incidence.

*Le champ de visibilité* comprend tous les rayons qui traversent réellement l'objectif sans être arrêtés par la monture ni le diaphragme. En désignant par $\delta_a$ le diamètre de la lentille antérieure de l'objectif, $h_i$ la distance du point nodal d'incidence à la face antérieure de l'objectif, l'angle du champ théorique $\gamma$ sera donné par la formule :

$$\gamma = 2 \operatorname{arc\,tang} \frac{\delta_a}{2 h_i}.$$

Le *champ de netteté* ne comprend que le cône des axes secondaires sur lequel se forme un foyer réel; le *champ plan* s'applique aux rayons qui fournissent l'image plane. Le champ peut se mesurer par le diamètre de sa section par le plan focal : les photographes disent alors que l'objectif *couvre* tant de centimètres.

La *clarté* dépend de la composition de l'objectif, de la grandeur du diaphragme, du nombre et de la nature des verres, etc. On peut dire en général que *plus une image est éclairée plus belle sera l'épreuve.*

L'*achromatisme* d'un objectif photographique s'entend de la coïncidence du foyer chimique et du foyer physique.

**142. Détermination de la longueur focale principale d'un objectif.** — Nous avons indiqué (page 50) comment l'on pouvait déterminer la longueur focale principale d'une lentille ou d'un sys-

tème quelconque de lentilles, c'est-à-dire la distance qui sépare le plan focal principal du point nodal correspondant.

Les constructeurs d'objectifs donnent presque toujours des indications erronées sur la valeur de cette longueur focale principale. Le Congrès international de photographie a formulé, relativement à cette question, les recommandations suivantes :

Les objectifs photographiques devront à l'avenir porter sur leur monture les indications nécessaires pour faire connaître leur longueur focale principale et la position des points nodaux d'incidence et d'émergence. La longueur focale principale, déterminée aussi rigoureusement que possible, sera exprimée en millimètres à compter du point nodal d'émergence. On devra faire usage pour cette détermination de procédés suffisamment précis pour permettre d'obtenir la longueur cherchée avec une approximation au moins égale au centième de sa valeur.

Avant d'indiquer quelles sont les méthodes à employer pour cette détermination, il nous paraît utile de résumer les propriétés des objectifs photographiques que nous avons précédemment décrits.

Un objectif photographique est un système optique convergent qui permet d'obtenir une image réelle des objets éclairés. Les lentilles qui composent un objectif sont *centrées*, c'est-à-dire que les centres de leurs faces se trouvent sur une même ligne droite appelée *axe optique principal* de l'objectif.

Un point lumineux situé en avant d'un objectif envoie sur la lentille un cône de rayons qui, après avoir traversé l'objectif, vont converger en un point unique. Le point lumineux est appelé le *point-objet* et son image le *point-image* ou le *foyer conjugué* du point-objet.

Soit un plan perpendiculaire à l'axe principal de l'objectif : le lieu des images des différents points de ce plan pourra être considéré comme étant un plan également perpendiculaire à l'axe principal. Ce plan est quelquefois appelé le *plan-image*, ou le plan conjugué du plan-objet.

Lorsque le point-objet s'éloigne à l'infini sur l'axe principal, les rayons incidents deviennent parallèles et le point-image se trouve alors en un point de l'axe principal appelé le *foyer principal postérieur* de l'objectif. Si le point-objet se rapproche au contraire de l'objectif le point-image s'en éloigne, et lorsque ce point s'est éloigné à l'infini les rayons émergents sont parallèles entre eux. Le point-objet se trouve alors en un point de l'axe principal, appelé le *foyer principal antérieur* de l'objectif.

Les plans perpendiculaires à l'axe principal et passant par les deux foyers principaux sont les *plans focaux principaux* de l'objectif.

Dans tout objectif, il existe deux points fixes (*points nodaux*), situés sur l'axe principal, et qui jouissent de la propriété suivante : tout rayon émané du point-objet et dirigé vers le *point nodal d'incidence* émerge suivant un rayon parallèle au rayon incident et passant par le *point nodal d'émergence*. On désigne ces deux points par la notation $N_i$ et $N_e$. On appelle quelque-

fois *directrice d'incidence* le rayon incident et *directrice d'émergence* le rayon émergent; on dit aussi *nœud d'incidence, nœud d'émergence*, pour point nodal d'incidence, point nodal d'émergence.

Il importe de se rendre compte de la position des points nodaux dans un objectif. Dans un objectif double les points nodaux sont compris entre les deux lentilles; dans certains cas, la distance du point nodal d'incidence à la face d'incidence, ajoutée à la distance du point nodal d'émergence à la face d'émergence, est égale à l'écartement des deux faces des lentilles : les deux points nodaux se confondent alors en un même point de l'axe principal. Dans d'autres cas, cette somme est ou bien inférieure, ou bien supérieure à l'écartement des faces des lentilles; ce dernier cas se présente avec les objectifs à portraits de la forme Petzval.

Les distances des deux foyers principaux d'un objectif aux points nodaux correspondants sont égales. Un objectif photographique n'a donc en réalité qu'*une seule distance focale principale.*

Si on place un point lumineux en avant d'un objectif à une distance supérieure à sa distance focale, on obtient en arrière de l'objectif une image du point-objet; le point où cette image se forme nettement est la position du point focal conjugué du point-objet.

La distance $p$ du point-objet à l'objectif est égale à la distance du point-objet à la face d'incidence de la lentille antérieure de l'objectif augmentée de la distance de cette face au point nodal d'incidence. De même la distance $p'$ du point-image à l'objectif est égale à la distance du point-image à la face d'émergence de la lentille postérieure augmentée de la distance de cette face au point nodal d'émergence.

Il existe entre les distances $p$ et $p'$ et la distance focale principale F de l'objectif la relation suivante :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{F};$$

d'où l'on déduit : $$p = \frac{p'F}{p' - F} \text{ et } p' = \frac{pF}{p - F}.$$

La relation précédente ne change pas lorsqu'au lieu de prendre pour origine des distances $p$ et $p'$ les points nodaux on compte ces distances à partir de deux points conjugués quelconques; de plus, cette relation s'applique à un système optique quel que soit le nombre des lentilles qui le composent.

La distance $p$ est comptée positivement vers le côté d'où vient la lumière et négativement en sens inverse. Au contraire, la distance $p'$ est comptée positivement dans le sens de la lumière transmise et négativement en sens inverse.

Par suite de ces conventions, la distance focale F est positive si la lentille est convergente et négative si la lentille est divergente.

Discutons, au point de vue de la pratique photographique, la formule

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{F}.$$

Si le point-objet se rapproche de l'objectif depuis l'infini à une distance égale à 2F, la distance du point-image à l'objectif varie de F à 2F. Le point-objet se trouvant à une distance 2F de l'objectif, le point-image est également à une distance 2F de l'objectif. Si la distance du point-objet à l'objectif passe de 2F à F, le point-image passe de 2F à l'infini. Le point-image se rapprochant de l'objectif et sa distance devenant inférieure à F, son image cessera d'être réelle.

Donc, dans tous les cas, si on obtient une image réelle de l'objet, cet objet et son image sont à une distance de l'objectif supérieure à sa distance focale principale.

La valeur absolue $\varphi$ de la distance du point-objet au foyer principal antérieur, la valeur absolue $\varphi'$ de la distance du point-image au foyer principal postérieur et la distance focale principale F de l'objectif sont liées par la relation de Newton.

$$\varphi\varphi' = F^2.$$

Si $\varphi = nF$ $\varphi' = \frac{1}{n}F$. Donc, si on exprime $\varphi$ en fonction de F, il suffit de prendre l'inverse du nombre qui mesure $\varphi$ pour avoir $\varphi'$.

C'est sur cette relation qu'est basée la méthode de M. Cornu, méthode qui permet de déterminer facilement, et avec une très grande exactitude, la distance focale principale d'un système optique (voir page 51). Voici un exemple d'une détermination de distance focale principale[1].

Soit un objectif double Petzval : on le place dans son support qui se meut au-dessus d'une règle graduée en centimètres; on effectue la visée sur un objet placée à 60 mètres. On observe d'abord l'objectif étant dans sa position normale, le parasoleil étant du côté du point-objet (position directe); puis l'on observe l'objectif étant dans la position inverse. Reprenant les notations de la page 52, nous inscrirons sur le registre d'observations :

| | Position directe. | Position inverse. |
|---|---|---|
| Visée sur un objet à 60 mètres... | $z'_0 = 28,68$ | $z_0 = 30,76$ |
| Visée sur la surface voisine..... | $z'_1 = 17,13$ | $z_1 = 18,50$ |
| Visée sur la surface opposée..... | $z'_2 = 7,59$ | $z_2 = 8,43$ |

L'épaisseur du système optique est égale à 7,65: on ne peut donc pas prendre la distance du foyer des objets lointains à la surface comme distance focale principale. On calculera d'abord une valeur approchée de cette distance focale en négligeant la correction, d'ailleurs très petite, et l'on reprendra le calcul avec la valeur calculée de la correction des foyers $z_0$ et $z'_0$.

$$z_1 - z'_0 = -11,55 \qquad z'_1 - z_0 = -12,26$$
$$z_2 - z_0 = -22,33 \qquad z'_2 - z'_0 = -21,09$$

On peut prendre (puisqu'il ne s'agit que de la valeur approchée nécessaire

1. A. Cornu, *Journal de physique de d'Almeida*, 1877, p. 313.

pour calculer une correction très petite), 16,9 ou 16,8 pour valeur de $f$. valeur calculée d'après

$$f^2 = (z_1 - z_0)(z'_2 - z'_0) \qquad f^2 = (z'_1 - z'_0)(z_2 - z_0)$$

On a visé à 60 mètres, la correction est

$$16{,}8 \times \frac{16{,}8}{6000} = 0{,}047,$$

soit environ 0,05 qu'il faut retrancher de $z_0$ et $z'_0$, ou ajouter numériquement aux différences. On en déduit

$$f_2 = 11{,}50 \times 22{,}28 = 256{,}22 \qquad \text{et } f^2 = 12{,}21 \times 21{,}04 = 256{,}90$$

et par suite $\qquad f = 16{,}007 \qquad f = 16{,}028.$

A l'aide de ces valeurs, on peut calculer de nouveau la correction

$$\frac{(16{,}0)^2}{600} = 0{,}043.$$

soit 0,04 au lieu de 0,05 qui avait été adopté. On n'a pas besoin de recommencer le calcul : il suffit d'ajouter 0,01 aux deux valeurs de $f$, comme le prouverait le calcul direct; on obtient

$$f = 16{,}017 \qquad f = 16{,}038.$$

La distance des points nodaux s'obtiendra en retranchant $f$ de la distance du point focal principal à la surface.

| | Position directe. | Position inverse. | |
|---|---|---|---|
| $z'_0$ corrigé | 28,64 | $z_0$... | 30,72 |
| $z'_1$ | 17,13 | $z_1$... | 18,50 |
| | 11,51 | | 12,22 |
| Distance du foyer principal à la surface voisine $f$ | 16,03 | | 16,03 |
| Distance du point nodal à la surface voisine. | — 4,52 | | — 3,81 |

Les deux points nodaux sont à l'intérieur du système optique. La somme de leur distance aux surfaces $4{,}52 + 3{,}81 = 8{,}33$ étant plus grande de 0,68 que la distance des surfaces 7,65, il en résulte que les points nodaux sont *croisés*, c'est-à-dire que le point nodal et son foyer correspondant ne sont pas voisins, mais contiennent dans leur intervalle le point nodal correspondant à l'autre foyer.

**143**. La méthode de mesure indiquée par M. Cornu donne des résultats d'une très grande précision : c'est celle que le Congrès international de photographie a recommandé aux constructeurs d'appareils.

A défaut de la méthode de M. Cornu, on pourra employer le procédé moins précis qui consiste à déterminer, à l'aide d'une chambre noire, deux positions successives de l'image, d'abord pour un objet très lointain, puis pour un objet de dimensions faciles à déterminer placé à une distance choisie, de manière à donner sans perte de netteté l'image la plus grande possible, eu égard aux conditions d'emploi pratique de l'objectif considéré.

On mesurera exactement les dimensions correspondantes de cet objet et de son image et le déplacement du châssis à glace dépolie (ou de la planchette porte-objectif) pour passer de l'image de l'objet approché à l'image de l'objet éloigné.

Le rapport de la dimension de l'objet rapproché à celle de son image sera égal au rapport de la distance focale cherchée au déplacement qu'aura dû subir le châssis pour les deux mises au point.

En choisissant pour l'objet rapproché une droite de $0^m,10$ ou $0^m,20$ de longueur tracée sur un carton blanc et cherchant l'image de cette ligne sur la glace dépolie avec les précautions voulues pour éviter les effets de parallaxe, ou même en prenant l'image photographique de cette droite sur une glace sensible, on pourra déterminer la longueur focale cherchée avec une précision généralement suffisante.

Le procédé indiqué par M. Warnerke pourra être employé lorsque la distance qui sépare les points nodaux est négligeable : ce cas se présente pour quelques objectifs grands angulaires et quelques rectilinéaires. On fixe à l'extrémité d'une règle graduée et perpendiculairement à cette règle un écran de carton blanc; sur la règle graduée, on place l'objectif dont on veut déterminer la longueur focale principale et l'on dirige tout le système vers le soleil. L'embase de l'objectif faisant face à l'écran, on avance ou on recule l'objectif; on obtient sur l'écran une image nette de la surface solaire. On note sur la règle graduée la position exacte d'un point quelconque (extrémité du diaphragme, bord du parasoleil) de la monture de l'objectif, soit $0^m,275$; on retourne l'objectif bout pour bout, de manière à ce que l'embase soit tourné vers le soleil, et l'on cherche à obtenir sur l'écran une image nette de la surface solaire: on note la position

sur la règle du même point de la monture de l'objectif, soit $0^m225$. On prend le milieu de l'intervalle compris entre $0^m275$ et $0^m225$, soit 0,250 : si l'écran est au 0 de la graduation, cette distance mesure la longueur focale principale cherchée.

Le Congrès international de photographie a recommandé aux constructeurs l'usage de l'appareil imaginé par M. le commandant Moessard. Cet appareil, appelé *le tourniquet*, permet d'obtenir diverses données caractéristiques des objectifs et de dresser ainsi pour chaque instrument un tableau signalétique complet.

**144. Le tourniquet.** — Cet appareil[1] ressemble à une chambre noire ordinaire (*fig. 302*) ; il comporte de même un *chariot* H mobile à crémail-

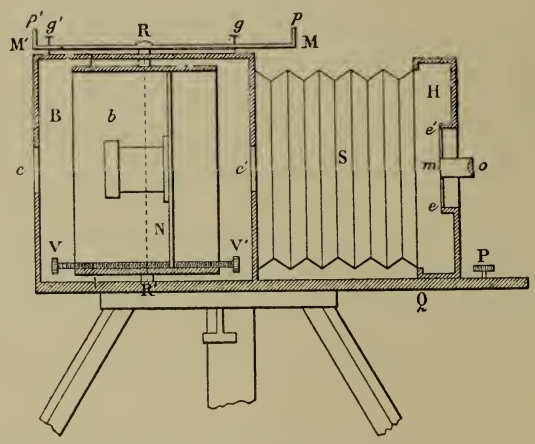



Fig. 302.

lère et pignon P, portant le *verre dépoli ee'* et réuni par un *soufflet* S à une *boîte cubique fixe* B, fermée de toutes parts, à l'exception de deux ouvertures rondes assez étroites et égales *c* et *c'*, percées au centre des parois d'avant et d'arrière. Une seconde *boîte cubique mobile b* est suspendue à l'intérieur de la première par un *axe* métallique vertical RR', autour duquel elle peut exécuter un mouvement de rotation complet sur elle-même ; cet *axe* sort de la boîte nº 1, au centre de son plafond, et est actionné de l'extérieur par une *manivelle* en cuivre MM', que manœuvre l'opérateur. La boîte mobile est ouverte à l'avant ; son arrière est formé par une *planchette porte-objectif* verticale N, portée par un petit chariot qu'on peut faire avancer ou reculer à l'aide d'un écrou et d'une vis sans fin VV'. L'*objectif à essayer* se fixe comme d'habitude sur cette planchette

1. P. Moessard, *Etude des lentilles et objectifs photographiques*, Paris, Gauthier-Villars, 1889.

et peut, en conséquence, être avancé ou reculé par rapport à l'axe de rotation. On a un jeu de planchettes mobiles percées de trous de différents diamètres correspondant aux divers diamètres d'objectifs. Ces planchettes, sur lesquelles se vissent les objectifs, sont un peu plus étroites, dans le sens horizontal, que leur logement dans le porte-objectif, ce qui permet de déplacer latéralement et de centrer exactement l'instrument sur l'axe de rotation.

La façade de la boîte fixe s'ouvre à charnière pour permettre d'introduire l'objectif, de le mettre en place et de manœuvrer la vis sans fin. Un système d'écrans, les uns fixes, les autres mobiles, interceptent toute clarté étrangère et ne laissent pénétrer dans le corps du soufflet que les rayons lumineux qui ont traversé l'objectif en expérience.

La manivelle, faite de deux branches inégales, la plus longue à l'arrière, porte à ses extrémités deux petites pinnules rectangulaires $p$ et $p'$, à travers

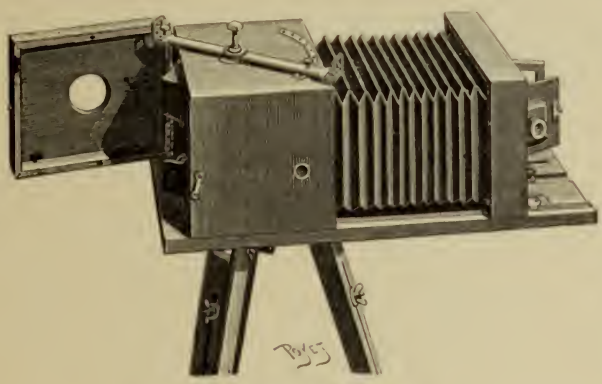


Fig. 303.

lesquelles on vise pour diriger l'appareil sur le point dont on veut recevoir l'image sur le verre dépoli. Un arc en cuivre, gradué en grades[1] et centré sur l'axe de rotation, est encastré dans la paroi supérieure de la boîte B. La manivelle porte, à chacune de ses branches, une goupille en cuivre $g$ et $g'$ qui peut pénétrer dans des trous pratiqués de 10$^g$ en 10$^g$ dans cet arc gradué, de façon à immobiliser la manivelle, la boîte intérieure et l'objectif dans des directions variant de 10$^g$ en 10$^g$ sur l'axe horizontal de figure de l'appareil. Ces angles se comptent négativement à gauche du zéro et positivement à sa droite.

Le verre dépoli est de petites dimensions; il est porté par un cadre qui s'ouvre à charnières de gauche à droite. Ce cadre ouvert, on peut fermer un volet en bois, monté aussi à charnières de droite à gauche; on amène ainsi dans le plan même qu'occupait la surface dépolie un micromètre $m$, au $\frac{1}{10}$ de millimètre, fixé à l'extrémité d'un petit tube de cuivre encastré dans le volet et muni à l'intérieur d'un oculaire de lunette ordinaire $o$. L'image qui se formait sur le verre dépoli est vue à travers cet oculaire, grossie et en

1. Division centésimale de la circonférence. Un angle droit vaut 100 grades.

coïncidence avec le micromètre, ce qui permet d'exécuter des mesures de précision. Le tube porte-micromètre peut tourner de 100G sur son axe et le micromètre prendre toutes les positions comprises entre l'horizontale et la verticale.

Enfin, une *échelle droite* en millimètres est fixée à l'un des bords de la queue de l'appareil. Un vernier au $\frac{1}{10}$, porté par le chariot, glisse le long de cette échelle et donne, à $\frac{1}{20}$ de millimètre près, la distance horizontale de l'axe de rotation au plan du verre dépoli ou du micromètre (*fig. 303*).

Pour reculer la limite d'emploi de l'appareil sans exagérer son volume et permettre l'étude de lentilles à très long foyer, on peut fixer horizontalement à l'arrière du chariot un tube de longue-vue ordinaire, sans verres, et muni de plusieurs tirages. L'oculaire micrométrique est placé à l'extrémité de ce tube. Le cas échéant, on développe en entier un ou plusieurs de ces tirages, puis, avec le pignon et la crémaillère, on amène l'image sur le micromètre, comme il a été dit ci-dessus. Les lectures faites au vernier doivent être augmentées de la longueur des tirages.

L'appareil est porté par un pied solide à trois branches, sur le plateau duquel peuvent indifféremment se visser soit, comme l'indique la figure 302,

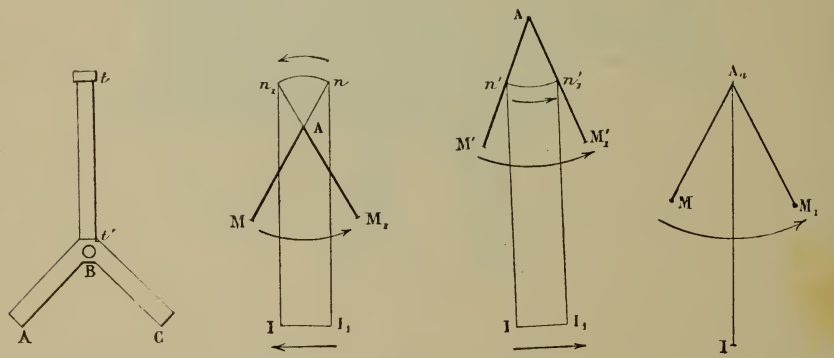



Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306. Fig. 307.

la face de la boîte fixe B, opposée à la manivelle, soit l'une ou l'autre des faces latérales de la même boîte, pour la plus grande commodité de l'opérateur. Dans ces deux dernières positions, l'axe de rotation est horizontal; la visée au micromètre se fait avec l'œil gauche ou avec l'œil droit, sans que l'on soit gêné par la queue porte-chariot.

Pour mesurer la distance focale principale d'un objectif, M. le commandant Moessard se sert de l'appareil[1] que nous venons de décrire.

L'objectif à essayer est vissé sur une planchette et accroché dans la boîte mobile avec le plus grand diaphragme; on le centre latéralement sur l'axe de rotation. A cet effet, on introduit du dehors, dans une ouverture centrale pratiquée dans cet axe, une tige d'acier *tt'* (*fig. 304*) remplissant exactement cette ouverture, et l'on fixe avec une vis de pression, à l'extrémité inférieure

1. P. Moessard. *Etude des lentilles et des objectifs photographiques.* Paris, Gauthier-Villars, 1889.

de cette tige une équerre en cuivre ABC, dont les deux côtés sont également inclinés sur la verticale; on déplace l'objectif à droite ou à gauche, jusqu'à ce que la monture s'appuie également sur AB et sur BC. On enlève alors ABC et la tige $tt'$.

Supposons d'abord un objectif exempt de distorsion. La manivelle étant au zéro, on met à peu près au point sur le verre dépoli, on dégage la manivelle et on la fait osciller doucement de part et d'autre du zéro; si $n$, le point nodal d'émergence (*fig. 305*) est en avant de l'axe de rotation, l'image I, entraînée par le point nodal, se déplacera de I en $I_1$, en sens inverse du mouvement de la main $MM_1$. On agit sur la vis sans fin pour ramener l'objectif en arrière. Si alors on dépasse la position, le point nodal vient en $n'$ (*fig. 306*), et, en faisant osciller la manivelle, on constate que le mouvement de l'image $II_1$ suit le mouvement de la main. L'amplitude et la vitesse de ce déplacement indiquent à l'opérateur si le point $n$ est loin ou près de l'axe. Après quelques tâtonnements, le résultat sera atteint : l'image reste immobile, au moins tant que l'oscillation $MM_1$ (*fig. 307*) ne sera pas trop large; *le point nodal* n *est sur l'axe*. On remplace alors le verre dépoli par le micromètre, on perfectionne la mise au point et l'on fixe avec toute la rigueur possible la position de l'objectif pour laquelle l'image est absolument immobile; on lit sur l'échelle longue la distance de l'axe au micromètre, et on a la *distance focale principale* à $\frac{1}{20}$ de millimètre près.

On replace alors dans l'axe la tige d'acier $tt'$ qui a servi pour le centrage; cette tige se termine en bas par un poinçon en forme de V, dont le sommet est sur l'axe de figure de la tige et dont l'angle s'ouvre du côté du verre dépoli; on frappe un coup léger sur la tête de cette tige, le V se grave sur la monture de l'objectif et marque la position du point nodal.

On peut aussi, pour ne pas détériorer la monture, marquer ce V avec de l'encre que l'on tamponne à l'extrémité du poinçon. Si le poinçon butte contre une partie saillante, diaphragme, rondelle, on glisse au-dessus de l'objectif une bande de bristol blanc qui s'appuie exactement sur la planchette porte-objectif et qu'on repère sur l'extrémité antérieure de l'objectif; on maintient cette bande horizontalement, et c'est sur elle qu'on marque avec le poinçon le *point nodal*, dont il est aisé ensuite de reporter la position sur la monture.

On tourne l'objectif dans sa rondelle d'un angle quelconque, et l'on refait la même série d'opérations autant de fois qu'on le juge utile; tous les V doivent, si l'objectif est *bien construit*, engendrer un plan principal perpendiculaire à l'axe optique.

Ensuite, on fait faire un demi-tour entier à la manivelle, de façon à retourner l'objectif; on recommence les mêmes mesures; on détermine ainsi le *point nodal d'incidence*. Comme vérification, la distance focale trouvée doit être la même que dans la première opération.

Ce qu'on a fait pour l'objectif entier on le recommence pour ses éléments en dévissant et enlevant tel ou tel groupe de lentilles composantes. Ces diverses mesures fournissent de précieuses indications sur les défauts d'un objectif et permettent d'en déterminer les causes et le remède. Elles donnent également les renseignements nécessaires pour traiter par le calcul toutes les questions théoriques ou pratiques relevant de la théorie générale des

lentilles, telles que détermination du centre optique, des plans de Bravais, etc.

Cette méthode donne des résultats extrêmement précis : c'est celle que les constructeurs doivent adopter, à défaut de celle de M. Cornu, qui nécessite un petit calcul.

**145**. Il existe d'autres méthodes permettant de déterminer les longueurs focales principales. Nous en rappellerons quatre ; elles sont basées sur le même principe. Soient (*fig. 308*) deux points A et B assez éloignés pour qu'on puisse considérer comme infinie leur distance à l'objectif ; $AN_i$, $N_e A'$, $BN_i$, $N_e B'$ les rayons incidents et émergents, A′ B′ les images des deux

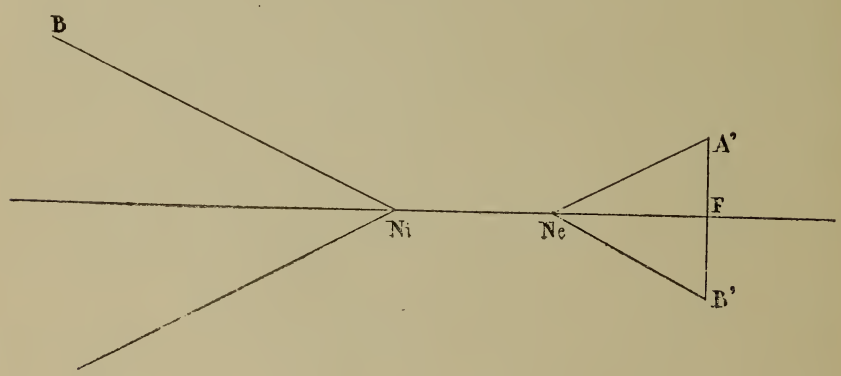



Fig. 308.

points que nous supposerons se former symétriquement par rapport au centre de la plaque : $N_e$ A′ B′ est un triangle isocèle dont le sommet est au point nodal d'émergence. Si nous pouvons construire ce triangle, sa hauteur nous fournira la distance focale principale de l'objectif. La base B B′ est facilement mesurable sur la glace dépolie ; il suffira donc de connaître l'angle au sommet A′ $N_e$ B′.

Pour cela faire, visons les deux points éloignés A et B donnant des images A′ B′ symétriques par rapport au centre de la glace sur une ligne horizontale passant par ce centre. La chambre noire étant placée sur une surface horizontale recouverte d'une feuille de papier, après avoir mesuré la distance A′ B′, on oriente l'appareil de manière que l'image A′ vienne se faire sur le centre : l'axe principal passe alors par le point A ; avec un crayon appuyé sur un des bords de la chambre, on marque sur le papier la trace de ce bord. On amène également au centre de la glace l'image B′ et on marque la trace du même bord de la chambre. Si, comme nous l'avons supposé, les points A et B sont suffisamment éloignés, l'angle des droites CD et C′ E sera égal à l'angle A′ $N_e$ B′ (*fig. 309*), de quelque façon que l'on ait déplacé la chambre pour passer de l'une des visées à

l'autre. On mène la bissectrice de cet angle, et au moyen d'un équerre on intercale entre la bissectrice et l'un des côtés de l'angle une perpendiculaire PM à la bissectrice, qui soit exactement la moitié de la longueur A′ B′. En mesurant sur le papier la hauteur PM nous aurons la distance focale principale.

Cette méthode, très séduisante en théorie, exige en pratique un certain nombre de constructions graphiques qui en altèrent singulièrement la précision apparente.

**146**. M. de la Baume-Pluvinel[1] choisit comme points lumineux deux

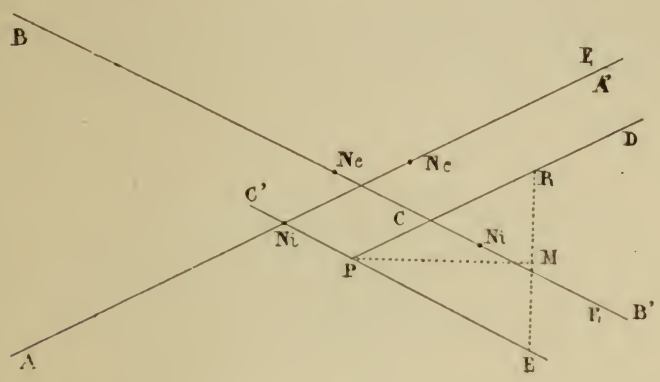



Fig. 309.

étoiles connues. Les tables astronomiques donnent alors l'angle A $N_i$ B que font les axes secondaires, et par suite le nombre par lequel il faudra multiplier la distance A′ B′ (*fig. 310*) pour avoir la distance focale; mais la mise

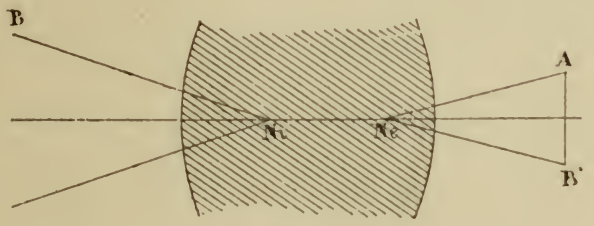



Fig. 310.

au point est assez délicate. Si l'on choisit par exemple les deux étoiles α et β de la constellation d'Orion, le coefficient par lequel il faut multiplier le nombre mesurant A′ B′ est 3,052; pour les étoiles η et β de la grande Ourse, le coefficient est 2,206 : ici, l'écart des images sera un peu grand.

**147**. M. Taylor vise deux points éloignés et très brillants; la glace dépolie

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 111.

est retournée dans sa monture, le côté dépoli faisant face à l'opérateur; on met au point, on marque sur la glace dépolie la position des deux images brillantes; on substitue alors à l'objectif une plaque de carton percée en son centre d'une ouverture très petite; on déplace la glace dépolie jusqu'à ce que l'image donnée par la petite ouverture soit de même grandeur que celle donnée par l'objectif et que les images des deux points choisis se superposent aux marques faites sur la glace dépolie. La distance focale principale cherchée sera la distance de l'ouverture du carton au dépoli de la glace. Ce procédé simple est d'une exécution rapide, mais il faut que l'on dispose de deux points très lumineux. La difficulté d'exécution qu'il présente est la suivante : l'image des deux points A′ B′ manque de netteté sur la glace dépolie, et il n'est pas très facile de fixer la position de cette glace. On arrive à une précision un peu plus grande en faisant deux opérations : on opère

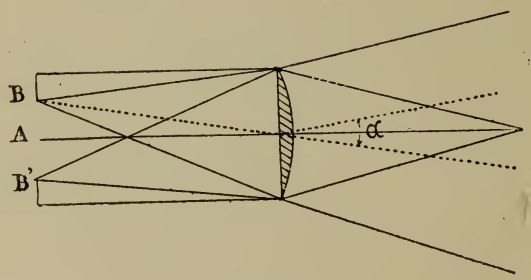



Fig. 311.

d'abord avec une ouverture de petit diamètre percée dans le carton. Ayant ainsi déterminé une première valeur de la longueur focale, on recommence en prenant comme diamètre d'ouverture le diamètre qui donne le maximum de netteté (**132**) avec la longueur focale déterminée dans la première expérience. Cette seconde détermination permet d'obtenir une coïncidence plus exacte pour les deux points visés dans les deux opérations.

**148**. M. Secrétan a construit un instrument où l'angle des axes secondaires est donné une fois pour toutes : il l'a appelé *focabsolumètre*.

L'appareil se compose d'une lentille ayant à son foyer principal un centre éclairé dont le diamètre est une fraction simple de la distance focale principale de cette lentille : celle-ci, par exemple, ayant 10 centimètres de distance focale absolue sera placée à l'extrémité postérieure d'un tube dont la base antérieure, située très exactement à 10 centimètres du point nodal d'émergence, présente une ouverture centrale circulaire de 1 centimètre de diamètre. Les points extrêmes B et B′ d'un même diamètre étant dans le plan focal principal donneront à leur sortie de la lentille des faisceaux parallèles dont les axes secondaires font entre eux un angle α (*fig. 311*).

Si l'on place ce système, dont on éclaire fortement l'ouverture, en avant d'un objectif, les rayons, sortant du focabsolumètre et tombant sur l'objectif en faisceaux parallèles, donneront dans le plan focal principal de celui-ci une image *mn* (*fig. 312*) du cercle BB′; l'angle des axes secondaires

étant toujours $\alpha$, le triangle $mN_e n$ est complètement connu : il est semblable au triangle BOB′, et l'on a

$$\frac{N_e A_1}{mn} = \frac{AO}{BB'} = 10 :$$

d'où

$$N_e A_1 = 10 \times mn.$$

La longueur en millimètres du diamètre de l'image donnera en centimètres la distance focale absolue.

Cette méthode, comme celle indiquée par M. de la Baume-Pluvinel, exige, pour donner de bons résultats, une certaine habileté. En effet, la longueur mesurée devra, dans ces deux méthodes, être multipliée par un coefficient très bien connu, mais très grand ; tout dépend donc de la précision de la mesure, et la moindre erreur peut devenir grave. Cette mesure se

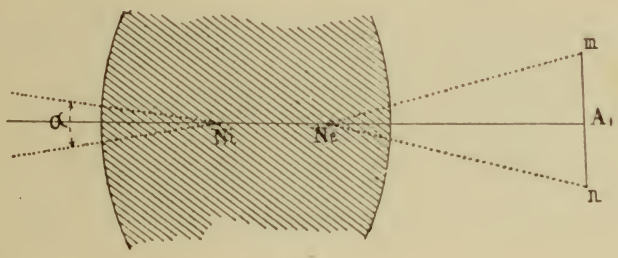



Fig. 312.

fera d'ailleurs beaucoup mieux sur un cliché que sur la glace dépolie. On mettra au point sur la glace dépolie, au centre de la glace, sans diaphragme. On tend deux fils en croix dans le cercle éclairé du focabsolumètre pour faciliter la mise au point, sans diaphragme ; on met la plaque sensible dans le châssis, puis on diaphragme l'objectif avant de faire poser ; on fait les mesures sur le cliché terminé [1].

**149. Détermination des points focaux principaux.** — Le point focal principal d'un objectif est le point de concours des rayons qui tombent parallèlement sur la lentille antérieure de l'objectif. La méthode de M. Warnerke permet de déterminer immédiatement la position des points focaux antérieur et postérieur (**143**).

Un autre procédé, à la fois simple et précis, repose sur l'expérience suivante. Un point lumineux O (*fig. 313*) est situé dans le plan focal principal de l'objectif A et envoie sur la lentille postérieure un cône de rayons qui sort parallèlement à l'axe principal. Si ce faisceau de rayons parallèles

1. Vallot, *Conférences de la Société d'excursion des amateurs photographes*, 1889.

rencontre un miroir plan M, il se réfléchit, pénètre de nouveau dans l'objectif sous forme d'un faisceau cylindrique, et forme sur l'écran E, dans le plan focal principal, une image nette du point lumineux. On obtiendra donc

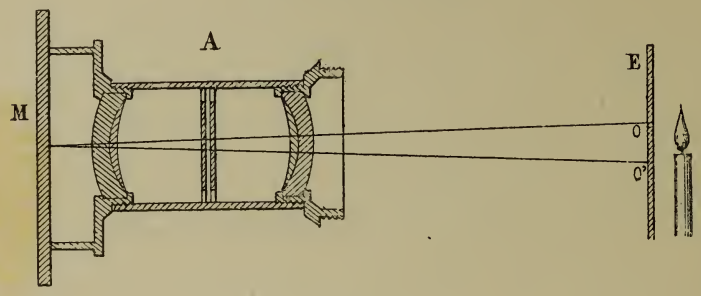



Fig. 313.

la position du plan focal postérieur de l'objectif en disposant la source lumineuse O de manière que son image O′ se forme nettement sur l'écran E et dans le voisinage de l'ouverture O.

En opérant de l'autre côté de l'objectif, on déterminera de la même manière la position du point focal principal antérieur.

**150**. La connaissance des points focaux permet de déterminer la distance focale principale de l'objectif. On place un objet lumineux P en avant du point focal antérieur de l'objectif et à une distance $\varphi$ de ce point; on déter-

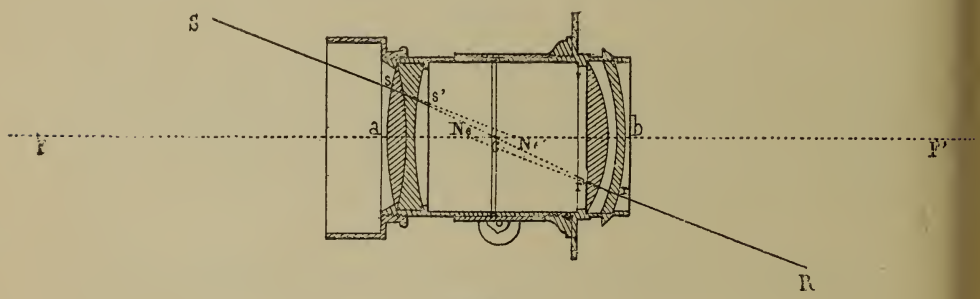



Fig. 314.

mine ensuite la position de l'image P′ de l'objet P et on mesure la distance de P′ au foyer principal postérieur. La distance focale principale F de l'objectif est donnée par la formule (**142**)

$$F = \sqrt{\varphi\varphi'}.$$

En particulier, si l'objet P se trouve à une distance D de l'objectif, telle que l'image P′ soit égale à l'objet P, on a

$$D = 2F,$$

et, par suite,

$$\varphi' = F.$$

Il suffit alors de mesurer la distance de l'image P′ au point F pour avoir la distance focale principale cherchée.

**151. Détermination par le calcul de la distance focale d'un objectif double.** — Nous supposons connues les distances focales principales $f_a$, $f_p$ des lentilles antérieure et postérieure qui constituent l'objectif; soit L la distance qui sépare le point nodal d'émergence de la lentille antérieur du point nodal d'incidence de la lentille postérieure. La distance focale sera

$$F = \frac{f_a f_p}{f_a + f_p - L}.$$

Cette distance focale est égale à la distance du point focal postérieur à la face d'émergence de l'objectif, augmentée de la distance de cette face au

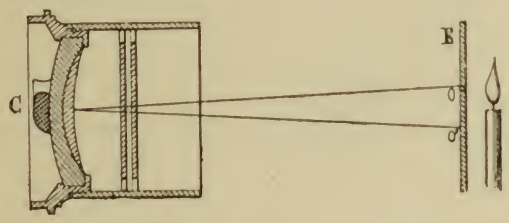



Fig. 315.

point nodal d'émergence. Si donc on mesure la distance $b$ du point F au point $b$ (*fig. 314*), la distance $bN_e$ sera

$$h_e = F - b.$$

De même, si $a$ est la distance F′$a$, on aura, pour la distance $aN_i$,

$$h_i = F - a.$$

Si on veut déterminer $h_i$ et $h_e$ en fonction des éléments des deux lentilles, il faut remplacer dans les expressions précédentes F par sa valeur; il vient alors :

$$h_i = \frac{Lf_a}{f_a + f_p - L}, \qquad h_e = \frac{Lf_p}{f_a + f_p - L}.$$

La connaissance du *centre optique* d'un objectif n'a pas grande importance en pratique : c'est un point C de l'axe principal qui est défini par la relation suivante :

$$\frac{CN_i}{CN_e} = \frac{N_iA}{N_iB}.$$

**152. Détermination de l'axe optique principal d'un objectif.** — L'axe optique principal d'un objectif est déterminé par deux de ses points :

le sommet et le centre de courbure d'une face quelconque de l'objectif. Le sommet d'une face se détermine géométriquement à l'aide du compas; quant au centre de courbure, on peut l'obtenir de la manière suivante. Dans le cas où la lentille présente une face concave, on dispose en avant de cette face un écran E (*fig. 315*) percé d'une ouverture O qui est éclairée et joue le rôle de source lumineuse. Si l'ouverture O est dans le voisinage du centre de courbure de la face, on obtient sur l'écran E l'image O′ du point O.

Cette image est produite par la réflexion des rayons lumineux sur la face considérée. Il suffit alors de placer l'écran de manière que l'image de l'ouverture O soit nette et se superpose exactement à l'ouverture elle-même pour obtenir au point O le centre de courbure de la face concave. La droite qui joint le centre de figure de l'une des faces de l'objectif au point que nous venons de déterminer est l'axe optique principal cherché.

Lorsqu'on a déterminé la position du centre de courbure, la distance de ce point au sommet de la face donne le rayon de courbure de cette face.

Si les lentilles de l'objectif ne présentent que des faces convexes, on obtiendra encore une image du point O produite par la réflexion des rayons lumineux à la face d'émergence, convexe vers le verre. Il suffira alors de placer l'écran de manière que l'image de l'ouverture O soit nette et qu'elle se superpose exactement à l'ouverture elle-même pour obtenir comme précédemment un point de l'axe principal; mais ce point n'est plus le centre de courbure lui-même, c'est seulement son image. Si $a$ est la distance de l'ouverture O et de son image au sommet de la face réfléchissante, et si F est la distance focale principale de la lentille, le rayon de courbure de la face considérée est donnée par la formule

$$R = \frac{aF}{F - a}.$$

Pour rendre l'image de l'ouverture O très apparente, on peut établir à la face réfléchissante de l'objectif une petite cuve en cire molle C et la remplir de mercure. La face réfléchissante devient alors un miroir concave qui donne une image très brillante de la source lumineuse[1].

**153. Forme de la surface focale principale; profondeur de foyer.** — Il est impossible d'obtenir sur la glace dépolie une image rigoureusement nette de tous les points de l'espace. Nous avons vu qu'il fallait se résoudre à considérer comme nette une image sur laquelle un point est représenté par une petite surface, que nous avons désignée sous le nom de cercle de confusion minima. Pour cela, il faut que cette surface (appelée *surface de diffusion tolérée* par M. de la Baume-Pluvinel[2]), examinée sous sa plus grande dimension, soit vue sous un angle qui ne dépasse pas 1′. Dans ces conditions, la longueur absolue de la plus grande dimension de la surface de diffusion tolérée dépend de la distance à laquelle on examine l'épreuve photographique; elle sera de $0^m,0002$ si les épreuves sont regardées à la distance de $0^m35$.

1. A. de la Baume-Pluvinel, *Mémoire inédit.*
2. *Communications au Congrès international de photographie*, 1889.

Supposons que la glace dépolie soit au foyer conjugué d'un point P de l'axe principal de l'objectif, la région de l'espace qui comprendra alors tous les points donnant une image nette sur la glace dépolie constituera le *champ utile* de l'objectif correspondant au point P. Le champ utile d'un objectif est un solide A′A″B′B″ qui a la forme d'une lentille (*fig. 316*). Ce solide est défini par l'*angle du champ utile* $A'N_iB'$ et par la *profondeur du champ utile* P′P″.

L'angle du champ utile $\gamma$ est l'angle d'un cône ayant pour sommet

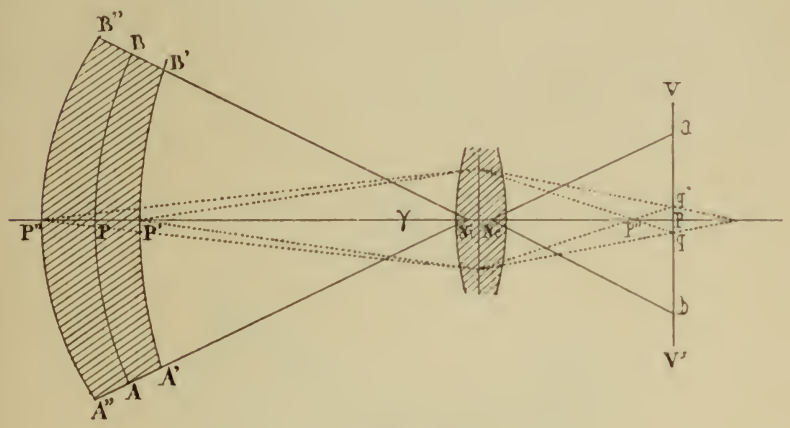



Fig. 316.

le point nodal d'incidence et pour base la limite circulaire du champ utile. Cet angle $A'N_iB'$ est égal à l'angle de l'*image utile* $aN_eb$. On a donc

$$\gamma = A'N_iB' = aN_eb = 2 \text{ arc tang } \frac{ap}{pN_e}.$$

Il suffit donc, pour déterminer $\gamma$, de fixer la limite $a$ du rayon de l'image utile. A cet effet, il faut examiner les images des points situés sur la ligne APB, tous à égale distance de $N_i$, et fixer le point qui a pour image une surface dont la dimension maxima est inférieure ou au plus égale à $0^{m}0002$.

Cet élément est donc l'un des plus utiles à connaître et des plus propres à renseigner sur les qualités d'un objectif. Si on remarque, en effet, que l'angle du champ utile et la clarté de l'objectif sont deux éléments qui varient en sens inverse l'un de l'autre, et si on consi-

dère qu'il est avantageux, en général, que ces éléments soient aussi grands que possible, on peut dire que :

*La bonté d'un objectif se mesure au produit du champ par la clarté.* (De la Baume-Pluvinel.)

L'angle du champ est à peu près constant, quelle que soit la position du point P sur l'axe principal de l'objectif. On peut donc considérer chaque objectif comme ayant un angle de champ fixe. Il n'en est pas de même de la profondeur du champ.

**154.** On peut, à l'aide du tourniquet du commandant Moessard, étudier la forme de la surface focale principale. Après avoir amené le point nodal d'émergence sur l'axe de rotation et le micromètre au plan focal, on a mesuré *f*, distance focale sur l'axe optique. On fixe ensuite la manivelle au trou 10$^{G}$ de l'arc gradué. Sans rien déranger à la boîte antérieure, on met exactement au point avec la crémaillère, et on lit une nouvelle distance

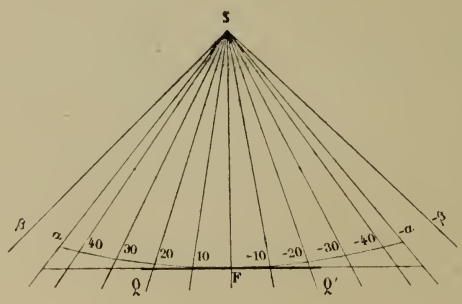



Fig. 317.

focale $F_{10}$ ; on passe au trou 20, et l'on mesure $F_{20}$, et ainsi de suite, en s'arrêtant d'abord à l'angle α quand on n'a plus de netteté, puis à l'angle β, où toute image, toute lueur disparaît, interceptée par la monture. α ou la longueur qui lui correspond sur la surface focale est le *champ de netteté*, qui augmente quand l'ouverture du diaphragme diminue ; β est le *champ de visibilité*, qui doit être indépendant des diaphragmes, si ces derniers sont bien placés dans un objectif double.

On fait les mêmes mesures pour les angles négatifs de l'autre côté du zéro, et, construisant la *fig. 317*, dont les lignes sont inclinées de 10$^{G}$ l'une sur l'autre, on porte à leur distance de S, F, — 10, — 20, .... La courbe ainsi obtenue en coordonnées polaires est une section horizontale de la surface focale.

En tournant l'objectif dans sa rondelle d'un angle connu, et recommençant, on détermine autant de méridiennes de la surface qu'on le désire ; l'inclinaison de ces coupes se mesure par rapport au point V que l'on a fait graver sur la monture.

Si l'objectif est bien construit, toutes ces courbes sont identiques.

On mesure la longueur QQ', pour laquelle la courbe obtenue ne s'écarte

pas d'une droite de plus d'un demi-millimètre; on a ainsi le *champ plan minimum*.

Si $QQ' = 15^{cm}$, on pourra dire que l'objectif donné *couvre* $15^{cm}$ sans diaphragme.

**155. Emploi du test-focimètre.** — On peut aussi étudier la surface focale à l'aide du *test-focimètre*, instrument imaginé par l'auteur de cet ouvrage. C'est une série de huit secteurs circulaires dont l'angle au centre est de 45° et le rayon $0^{m}25$. La surface du secteur est divisée en vingt bandes formées par des traits égaux et également espacés, alternativement blancs et noirs. Les intervalles qui séparent chaque trait sont les suivantes, la bande n° 1 étant la plus éloignée du centre :

| Bande | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intervalle | $5^{mm}$ | 4 | 3 | 2,75 | 2,50 | 2,25 | 2 | 1,75 | 1,30 | 1,25 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | $0^{mm},1$ |

Les intervalles sont indiqués en millimètres; les huit secteurs sont tous égaux et portent des numéros de 1 à 8.

On les monte comme un focimètre ordinaire, sur une tige horizontale de fer que l'on fixe à un support : le plan des secteurs est perpendiculaire à la

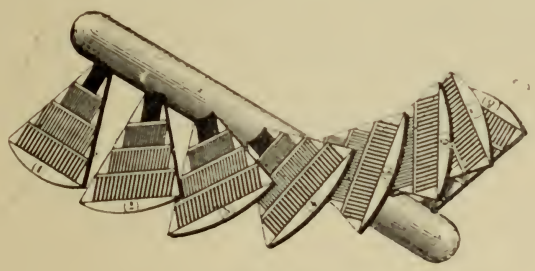


Fig. 318.

tige, leur centre se confond avec le centre de celle-ci (une tige d'appui-tête par exemple), et on les dispose de telle sorte que, vus de face, les huit secteurs examinés à distance semblent constituer un cercle. On règle l'intervalle qui sépare les secteurs suivant la nature des essais que l'on veut effectuer, la distance focale de l'objectif, etc. ; ces secteurs sont d'ailleurs placés à égale distance les uns des autres.

On commence par disposer cet instrument en face la chambre noire, de telle manière que la tige sur laquelle sont fixés les secteurs se projette au centre de la glace dépolie. L'objectif étant muni de son plus grand diaphragme, on cherche à mettre au point la bande n° 20 du secteur n° 4. Pour cette opération, on s'aidera d'une forte loupe. Ce résultat étant atteint, on peut constater immédiatement quelle est la limite du champ de netteté avec le diaphragme employé : il suffit de rechercher quelle est *la bande qui n'est pas résolue* (c'est-à-dire la bande du numéro le plus faible pour laquelle on ne peut pas séparer les traits) sur le secteur le plus voisin du secteur qui a servi à la mise au point (*fig. 318*) ou sur ce secteur lui-même.

On mesure alors sur la glace dépolie la distance du centre du secteur au centre de la première bande non résolue. En doublant cette distance, on a le diamètre du champ dont la netteté est $\frac{1}{n}$ millimètres pour une profondeur de foyer exprimée par la distance qui sépare les deux secteurs.

Supposons, par exemple, qu'avec un objectif muni de son plus grand diaphragme on mette au point le centre du secteur 4, que ce secteur soit reproduit à moitié grandeur et que la bande 16 du secteur 5 (ou du secteur 3) soit la première de celles qui ne sont pas résolues. La bande 16 contient en vraie grandeur des traits distants de $0^m,0005$; à moitié grandeur, cette distance sera sur la glace dépolie $0^m00025$. La distance du centre à cette bande étant sur la glace dépolie $0^m03$, l'intervalle des deux secteurs étant en vraie grandeur 5 centimètres, nous dirons que pour une profondeur totale de foyer de 10 centimètres, l'objectif essayé sépare $0^m00025$ sur une plaque dont le diamètre est de $0^m06$. En faisant cet essai pour les divers points de la surface focale, on arrivera à déterminer par points la forme de cette surface correspondant à une certaine valeur de la netteté. On examinera, en faisant tourner l'objectif dans sa rondelle s'il n'y a pas d'irrégularités dans la forme de la surface, auquel cas on serait averti immédiatement d'un défaut dans la construction de l'objectif. Cet essai doit être répété en photographiant le test-focimètre : on a ainsi une valeur du foyer chimique pour les rayons obliques à l'axe.

**156.** On peut construire cette surface en montant l'objectif sur le tourniquet de M. le commandant Moessard. On emploie une mire composée de triangles noirs et blancs, et située à une distance assez grande de l'appareil; à son défaut, on peut viser sur des objets noirs, des cheminées éloignées par exemple, se détachant bien nettement sur le ciel.

On met un premier diaphragme dans l'objectif et, la manivelle étant au zéro, on met au point au micromètre sur une section $pp'$ de la mire, ou sur un détail de cheminée, qui, sur l'image, ait $\frac{1}{20}$ de millimètre de longueur. On fait mouvoir le chariot de la chambre en avant, puis en arrière, jusqu'à ce que les deux points $p$, $p'$ semblent se confondre, ou que le détail visé disparaisse; on fait chaque fois la lecture et l'on inscrit ces deux lectures; on refait les mêmes opérations, après avoir amené la manivelle au trou $10^G$, puis au trou $20^G$, et ainsi de suite.

Sur le dessin donnant la méridienne de la surface focale, on construit de même les deux courbes ainsi déterminées.

On recommence successivement pour tous les diaphragmes. Naturellement, les courbes obtenues s'écartent et s'allongent à mesure que le diaphragme diminue.

Soit (*fig. 319*) la courbe correspondant au plus petit diaphragme, on mène perpendiculairement à l'axe O la droite DD′, la plus longue qui soit contenue dans l'intérieur de cette courbe. DD′ est le diamètre du cercle représentant le *champ plan maximum*.

On inscrit alors que l'objectif, diaphragmé autant que possible, *couvre* DD′, à la distance focale SH.

On peut aussi mesurer l'angle $MSM' = \gamma$, et dire que l'objectif donné *embrasse* au maximum *un champ* de $\gamma^G$.

**157.** A défaut de l'un ou l'autre de ces appareils, on peut déterminer le champ embrassé par un objectif : ce champ a pour mesure l'angle du champ. Pour déterminer cet angle, on dispose l'appareil photographique de manière à obtenir sur le verre dépoli les images de divers objets très éloignés. Puis

Fig. 318 *bis*.

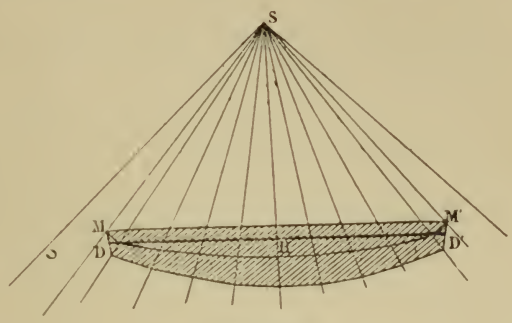



Fig. 319.

on cherche parmi les objets visés deux points A et B (*fig. 320*) dont les images se forment à des extrémités opposées du champ. Si $N_1$ est le point nodal d'incidence de l'objectif, l'angle $AN_1B$ est l'angle du champ de l'objectif. On dirige l'appareil vers le point A et on fait en sorte que l'image de ce

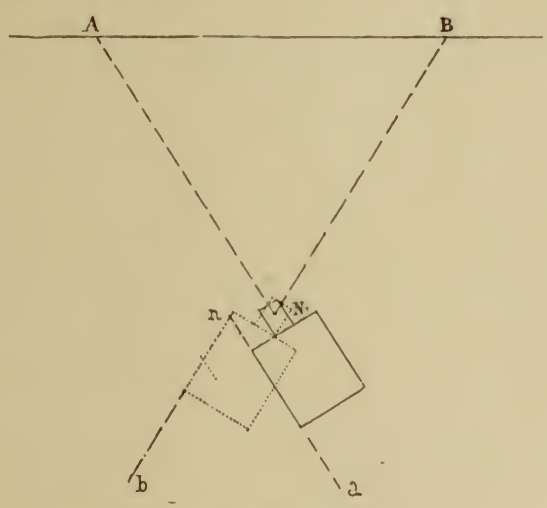



Fig. 320.

point se forme au centre du verre dépoli. On trace le long de la chambre noire, sur la table qui lui sert de support, la droite *na* sensiblement parallèle à la direction $N_1A$ ; puis, on tourne l'appareil vers le point B et on trace de même la droite *nb* parallèle à la direction $N_1B$. Il suffit de mesurer avec un

rapporteur l'angle *anb* pour avoir l'angle du champ de l'objectif. Cette détermination s'effectuera en même temps que la construction graphique qui donne la longueur focale de l'objectif. (Voir **145**.)

On peut aussi déterminer l'angle du champ en appliquant purement et simplement la définition que nous avons donnée. En effet, soient $\delta_a$ le diamètre de la lentille antérieure de l'objectif et $h_i$ la distance du point nodal d'incidence à la face antérieure de l'objectif, l'angle du champ $\gamma$ est alors donné par la formule

$$\gamma = 2 \text{ arc tang } \frac{\delta_a}{2h_i}.$$

Mais l'angle du champ utile est bien inférieure à l'angle du champ théorique, car les images des points situés près des limites du champ laissent trop à désirer sous le rapport de la netteté et sous le rapport de l'illumination pour qu'il soit avantageux de les recevoir sur la plaque photographique. Les limites du champ utile sont déterminées par les diamètres des cercles de confusion minima que l'on veut admettre; en d'autres termes, le champ utile comprend tous les points qui ont pour images des cercles égaux ou inférieurs au cercle de diffusion tolérée. L'étendue de ce champ est fonction de plusieurs facteurs, parmi lesquels un des plus importants est le rapport de clarté : le champ utile augmente pour un même objectif quand le rapport de clarté diminue. Nous verrons comment à l'aide de tables d'un usage facile on peut connaître la dimension *couverte* nettement par l'objectif lorsqu'on connaît le diamètre du champ utile.

**158. Profondeur du champ utile.** — Le défaut de netteté que présentent les images des points situés sur les directrices obliques dépend de deux causes : l'*astigmatisme* et la *courbure* de l'image. Le cône de rayons émis par le point A, par exemple, est refracté suivant un faisceau qui n'est pas rigoureusement un cône : on peut démontrer que, quelle que soit la section de ce faisceau refracté par le plan de la glace dépolie, on n'aura jamais un point; on peut démontrer de même que parmi toutes ces sections il en existe une de surface minima : on considèrera cette surface minima comme étant l'image du point lumineux. Si l'on cherche le lieu de toutes ces sections minima, on trouve qu'il est constitué par une surface résultant de la révolution de deux arcs de spirale : cette surface peut, en pratique, être considérée comme étant une sphère. Le rayon de cette sphère est le *rayon de courbure* de l'image; on doit l'exprimer par une fraction $\frac{m}{n}$ de la distance focale principale[1]. L'image d'un point lumineux qui n'est pas nette sur la surface focale par le fait de l'astigma-

1. De la Baume Pluvinel, *Congrès international de photographie*, 1889.

tion, est même moins nette sur la surface de l'image par suite de la courbure du champ. Donc, le manque de netteté des images en dehors du centre du champ est due à l'action combinée de l'astigmatisme et de la courbure du champ.

La *profondeur du champ utile* P′P″ peut se définir de la manière suivante. Soit VV′ (*fig. 316*) le plan focal conjugué du point P : si on avance le point objet de P en P′, ou si on recule de P en P″, les faisceaux des rayons refractés découpent sur le plan VV′ des cercles tels que $qq'$. Lorsque le diamètre de ces petits cercles est égal à la plus grande dimension $\omega$ de la surface de diffusion tolérée, la distance PP′ est la *profondeur antérieure* du champ, et la distance PP″ la *profondeur postérieure* du champ; la distance P′P″ est la *profondeur totale* du champ. Les distances $pp'$ $pp''$, $p'p''$ sont les profondeurs correspondantes de l'image.

La profondeur du champ n'est pas une quantité intrinsèque de l'objectif. Étant donnés quatre éléments convenablement choisis, on peut trouver, par le calcul, la profondeur du champ; les éléments qui servent à les déterminer sont :

D distance du point objet P au point nodal d'incidence de l'objectif;

F distance focale principale de l'objectif;

$\delta$ ouverture utile (ou rapport de clarté) de l'objectif;

$\omega$ dimension maxima de la surface de diffusion tolérée.

En appliquant la définition ci-dessus, on trouve pour les profondeurs du champ

$$PP' = \frac{D(D-F)\omega}{F\delta + D\omega}.$$

$$PP'' = \frac{D(D-F)\omega}{F\delta - D\omega}.$$

$$P'P'' = \frac{2(D-F}{\frac{F\delta}{D\omega} - \frac{D\omega}{F\delta}}.$$

Lorsque le point P est à une distance de l'objectif égale à $\frac{F\delta}{\omega}$ la profondeur du champ devient infinie et le champ utile est alors un tronc de cône infini.

Ces formules permettent de construire diverses tables, très utiles dans la pratique, comme nous le verrons plus loin.

**159. Distance hyperfocale, avant-plan de l'infini.** — La formule

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}.$$

peut se simplifier: supposons $p = nf$, alors

$$p' = f + \frac{f}{n-1}.$$

La distance du point conjugué $p'$ au foyer principal ou *distance hyperfocale* sera

$$\Delta f = \frac{f}{n-1}.$$

Nous désignerons par *avant-plan de l'infini* le plan le plus rapproché de l'objectif qui soit au point simultanément avec les objets placés infiniment loin : cette simultanéité n'est possible que grâce à l'existence d'une certaine *tolérance de mise au point*. Soit $\varepsilon$ cette tolérance, c'est-à-dire la distance maxima qui puisse *séparer* deux points voisins de l'image sans qu'un œil normal cesse de les voir comme un seul. J.-H. Dallmeyer admettait $\frac{1}{100}$ de pouce pour cette distance, soit $0^m00025$. Cette tolérance n'est que 0,0001, ou même $0^m00005$ pour des observateurs armés d'une loupe; mais les photographies sont généralement examinées à simple vue. Admettons $0^m00025$, soit $\omega$ l'ouverture de l'objectif, qui reçoit les rayons émanés d'un point infiniment loin sur l'axe : les rayons issus de ce point vont converger au foyer

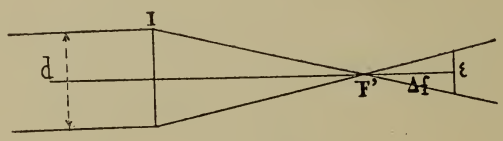



Fig. 321.

principal de l'objectif; au delà de ce foyer ils divergent. Désignons par $\Delta f$ la distance (*fig. 321*) à laquelle leur écartement maximum vaut $\varepsilon$; ces rayons ne forment encore qu'un point pour l'œil de l'observateur. Désignons par $d$ le diamètre du diaphragme, $f$ la distance focale principale $\frac{d}{f} = \omega$. On a

$$\Delta f = \frac{\varepsilon f}{d} = \frac{\varepsilon}{\omega};$$

mais $\Delta f$ est la distance hyperfocale correspondant à un certain plan situé à la distance $p = nf$, telle que l'on ait

$$\Delta f = \frac{f}{n-1}.$$

Donc, les objets situés dans ce plan ont leurs images simultanément au point avec l'infini : c'est l'avant-plan de l'infini; sa distance est donnée par les relations

$$p = nf$$

et

$$\frac{f}{n-1} = \frac{\varepsilon f}{d}.$$

On en déduit

$$n = \frac{d}{\varepsilon} + 1,$$

ou bien

$$\frac{f}{n-1} = \frac{\varepsilon}{\omega},$$

et, par suite,

$$n = \frac{\omega f}{\varepsilon} + 1,$$

formule qui permet de calculer la distance à partir de laquelle tous les objets viennent se peindre nettement sur la glace dépolie.

Nous avons vu que la profondeur de foyer relative à une portion de l'objet est la distance qui sépare les deux plans extrêmes (l'un en avant, l'autre en arrière de cet objet), entre lesquels il peut se déplacer sans cesser d'être au point sur l'écran fixe; en d'autres termes, on peut admettre que la profondeur de foyer mesure la distance totale des plans simultanément au point pour une distance $p$ du plan moyen.

De la formule

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f},$$

on déduit, en différentiant,

$$-\frac{dp}{p^2} - \frac{dp'}{p'^2} = 0,$$

d'où

$$dp = \frac{p^2}{p'^2}\, dp';$$

mais $\frac{p}{p'} = \frac{1}{g}$, $g$ étant le grossissement, et si $p = nf$, on a

$$g = \frac{1}{n-1};$$

par suite, on a

$$dp' = -g^2 dp,$$

de même

$$dp' = -dp\,\frac{f^2}{(p-f)^2} = -dp\,\frac{1}{(n-1)^2},$$

et

$$dp = -dp'\,\frac{(p-f)^2}{f^2}.$$

On voit donc qu'à un déplacement infiniment petit $dp$ de l'objet correspond en sens contraire un déplacement $dp'$ de l'image, tel que

$$dp' = -g^2 dp.$$

La profondeur de foyer relative à un même déplacement de l'image est inversement proportionnelle au carré du grossissement; elle est proportionnelle au carré de la distance de l'objet à l'objectif, puisque $g = \frac{1}{n-1}$.

Dans le cas d'un déplacement fini, on a

$$dp = \frac{dp' f p^2}{p p' dp' + f p'^2}$$
$$= - \frac{dp' f}{g dp' + f g^2}.$$

Dans la pratique, la différence entre les deux résultats est assez faible, car on n'a à calculer la profondeur de foyer que pour des distances assez faibles de l'objet. La différence entre les deux valeurs est, en effet,

$$\frac{dp'^2}{g(dp' + fg)}.$$

On peut donc adopter la première formule. Désignons par $\varepsilon$ la tolérance de mise au point: on a (*fig. 321*) :

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{dp'}{p'};$$

d'où

$$dp' = \frac{\varepsilon}{d} p' = \frac{\varepsilon f(1 + g)}{d},$$

c'est-à-dire

$$dp' = \varepsilon \frac{f}{d} (1 + g) = \frac{\varepsilon}{\omega} (1 + g).$$

(Si dans cette formule nous faisons $g = 0$, nous retrouvons la distance hyperfocale): par suite

$$dp = - \frac{\varepsilon}{\omega} \frac{1 + g}{g^2} = - \frac{\varepsilon}{\omega} n(n - 1),$$

$dp$ représente la distance d'un des plans extérieurs au plan visé : c'est en quelque sorte la demi-profondeur de foyer; la profondeur totale serait donc

$$2dp = - 2n(n - 1) \frac{\varepsilon}{\omega}.$$

Cette formule peut suffire pour la pratique. La profondeur totale de foyer sera sensiblement $\frac{n(n-1)}{20\omega}$ en centimètres pour un objet placé à $n$ fois la distance focale $f$ de l'objectif exprimée en centimètres.

La distance hyperfocale de l'image est $\frac{f}{n-1}$, le grossissement

$$g = \frac{1}{n - 1}.$$

De la comparaison de ces deux nombres ressort l'une des méthodes de

mesure de $f$ recommandée par le Congrès international de photographie de 1889. Pour un grossissement $g = \frac{1}{n-1}$, l'image est à la distance hyperfocale

$$\frac{f}{n-1} = \Delta.$$

Il suffira donc de mesurer cette distance : on a

$$f = \frac{\Delta}{g} = \Delta \cdot \frac{1}{g}.$$

La mesure sera d'autant plus exacte que $g$ sera d'autant plus voisin de l'unité[1].

**160. Déformation des images; distorsion.** — Pour que l'image qui se forme sur la glace dépolie soit une reproduction homo-

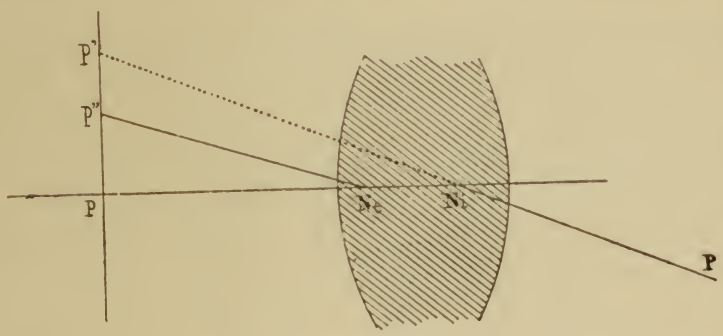



Fig. 322.

thétique de l'objet, il faut que les directrices d'émergence soient dans le prolongement des directrices d'incidence. Si les points nodaux ne coïncident pas, les directrices d'émergence n'ont aucun point commun avec les directrices d'incidence. De plus, si les faisceaux émanant des divers points de l'objet rencontrent l'objectif excentriquement, comme cela a lieu lorsqu'on emploie un diaphragme, les directrices d'émergence ne sont pas parallèles aux directrices d'incidence. Pour ces deux causes, l'image du point P (*fig. 322*), située sur la directrice $N_iP$, au lieu de se former en $p'$ sur le prolongement de de $N_iP$, se forme en $p''$ sur la directrice d'émergence $N_eP''$. De là résulte une reproduction déformée de l'objet. On exprime ce fait en disant que l'objectif produit une certaine distorsion.

1. L. Benoist, *Mémoire inédit*.

M. de la Baume-Pluvinel a proposé avec raison d'appeler *distorsion de l'objectif* le rapport $\frac{PP'}{PP''}$ pour le point P situé à la limite du champ utile[1].

On peut effectuer une mesure de la distorsion et du champ exempt de distorsion à l'aide du tourniquet Moessard. Il peut se faire que l'on ne

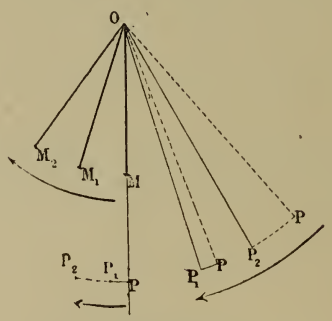



Fig. 323.

puisse immobiliser l'image pour une petite oscillation de la manivelle : les trépidations de l'image ne peuvent être jamais complètement annulées s'il y a distorsion à partir de l'axe principal de l'objectif. Dans ce cas, l'image est, pendant l'expérience, animée de deux mouvements : l'un réel et égal

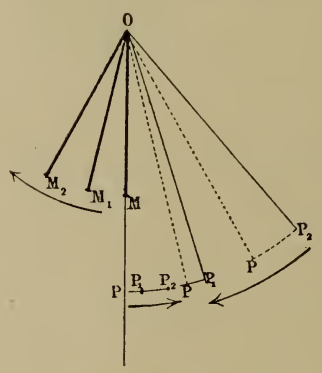



Fig. 224.

au déplacement du point nodal ; l'autre, apparent, provenant des dilatations et des contractions causées par la distorsion, dilatation et contraction nulles ou presque nulles sur l'axe optique et croissant à mesure qu'on s'éloigne de cet axe. On doit observer la règle pratique suivante.

1. *Congrès international de photographie*, 1889.

Tant que les changements de sens du mouvement de l'image et de celui de la manivelle concordent exactement, faire marcher le point nodal dans le sens voulu pour arrêter l'image; dès que cette concordance disparait et que des vibrations irrégulières de l'image se produisent aux environs du zéro, changer le sens du réglage jusqu'à faire disparaitre cette irrégularité; le poit nodal est alors sur l'axe.

A ce moment, le déplacement apparent $PP_1 P_2$ pour un écart de la manivelle $MM_1 M_2$ compté sur l'arc gradué est justement l'effet de la *distorsion* correspondant à cet écart: ce déplacement se mesure au micromètre et s'inscrit à la place indiquée sur la feuille analytique de l'objectif. Si le point P semble marcher dans le *même sens* que la main (*fig. 323*), de P en $P_2$, c'est que la distorsion est *en dedans*, l'image diminue quand l'azimut augmente. Dans le cas contraire (*fig. 324*), la distorsion est *en dehors*, l'image est plus grande aux bords qu'au centre.

Le *champ sans distorsion* est égal à la course de la manivelle pour laquelle la distorsion est nulle, ou du moins négligeable, c'est-à-dire qu'elle n'entraine qu'un déplacement moindre que $\frac{1}{20}$ de millimètre.

**161. Illumination des images formées par les objectifs. Clarté.** — Différents objectifs ou un même objectif plus ou moins diaphragmé donnent des images plus ou moins lumineuses d'un même objet; c'est un fait que l'on peut exprimer en disant que les objectifs ont des *clartés* différentes. La *clarté* d'un objectif peut se définir de la manière suivante :

La clarté d'un objectif est le rapport qui existe entre l'illumination de l'image qu'il donne d'un objet infiniment distant et l'illumination de l'image du même objet formée par l'objectif type, pris pour terme de comparaison.

D'après cette définition, on peut exprimer la clarté d'un objectif en fonction de sa distance focale principale et de son ouverture utile.

Rappelons d'abord que l'*éclat intrinsèque* d'une source radiante est la quantité de radiations que l'unité de surface de la source envoie à l'unité de distance, sur l'unité de surface, dans l'unité de temps. Désignons par E cet éclat : la quantité de radiations qu'une source de cet éclat déverse sur une surface donnée, dans un temps donné, est exprimée par la formule

$$Q = E \frac{\Sigma\sigma \cos\alpha \cos\beta}{D^2} t,$$

dans laquelle $\sigma$ et $\Sigma$ représentent les surfaces supposées planes de la source radiante et de l'objet exposé, et $\alpha$ désigne l'angle formé par la direction des rayons émis avec la normale à la source lumineuse; ces rayons tombent à une distance D sur l'objet en faisant avec la normale à cet objet un angle $\beta$.

L'intensité I d'un faisceau de radiation étant mesurée par le même nombre que l'éclat E de la source qui l'émet, on a aussi

$$Q = I \frac{\Sigma\sigma \cos\alpha \cos\beta}{D^2} t.$$

L'*illumination* produite par la source radiante, c'est-à-dire la quantité de radiations qu'elle envoie sur l'unité de surface dans l'unité de temps est

$$\mathfrak{I} = E \frac{\sigma \cos\alpha \cos\beta}{D^2},$$

ou bien

$$\mathfrak{I} = I \frac{\sigma \cos\alpha \cos\beta}{D^2}.$$

Un corps qui reçoit une illumination $\mathfrak{I}$ rayonne à son tour avec un éclat

$$E' = \mathfrak{I} \frac{1}{\mu},$$

$\frac{1}{\mu}$ étant le pouvoir réflecteur du corps pour la radiation considérée. Ce corps pourra donc jouer le rôle de source radiante vis-à-vis d'un autre corps, et déterminer à sa surface une illumination

$$\mathfrak{I}' = \mathfrak{I} \frac{1}{\mu} \frac{\sigma' \cos\alpha' \cos\beta}{D'^2}.$$

L'éclat d'un objet est proportionnel à l'intensité du faisceau de radiations qui l'éclaire. Connaissant l'éclat actinique $A_1I$ d'un élément $p_1$ de sur-

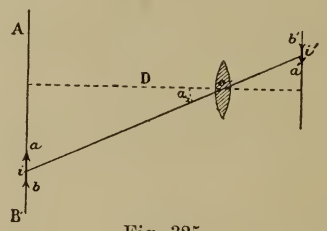



Fig. 325.

face $\Sigma$, on peut déterminer la quantité de radiations Q qu'il envoie dans l'unité de temps sur la surface de l'objectif; car $\delta$ étant le diamètre du diaphragme employé, la surface utile de l'objectif est sensiblement égale à $\frac{\pi\delta^2}{4}$; on aura

$$Q = \frac{A_1 I \Sigma \pi\delta^2 \cos^2\alpha_1}{4Oi^2}.$$

Mais l'on voit que $Oi$ (*fig. 325*) peut être déterminé facilement :

$$Oi = \frac{D}{\cos\alpha_1};$$

donc

$$Q = \frac{A_1 I \Sigma \pi \delta^2 \cos^4 \alpha_1}{4D^2}.$$

C'est la quantité de radiations qui pénètre dans l'appareil et se répartit sur l'image lumineuse $a'b'$. En désignant par $\sigma$ la surface de cette image lumineuse, on a

$$\sigma = \Sigma \frac{F^2}{(D - F)^2}.$$

Connaissant la surface $\sigma$ de l'image et d'autre part la quantité Q de radiations qui tombe sur cette image, son illumination $a_1$ sera

$$a_1 = \frac{Q}{\sigma} = \frac{A_1 I \pi \delta^2 \cos^4 \alpha_1 (D - F)^2}{4D^2 F^2}.$$

Cette formule montre que les différents points du champ d'un objectif ne sont pas également éclairés. Si $\mathfrak{I}$ est l'illumination d'une image formée au centre du champ, l'illumination $\mathfrak{I}'$ de cette image, lorsqu'elle se forme sur une directrice faisant un angle $\alpha$ avec l'axe principal, est donnée par la formule

$$\mathfrak{I}' = \mathfrak{I} \cos^4 \alpha.$$

Par exemple, avec un objectif qui embrasse un angle de 90°, l'intensité des images au bord du champ est le *quart* de l'intensité des images au centre du champ.

Un objet d'éclat intrinsèque E situé sur l'axe optique principal d'un objectif de foyer F donnera une image d'illumination

$$\mathfrak{I} = \frac{Q}{\sigma} = \frac{E \pi \delta^2 (D - F)^2}{4D^2 F^2}.$$

Si dans cette formule nous faisons $D = \infty$, l'illumination devient

$$\mathfrak{I} = E \frac{\pi \delta^2}{4F^2}.$$

L'illumination produite par l'objectif dont la clarté est prise pour unité sera

$$\mathfrak{I}' = E \frac{\pi \delta'^2}{4F'^2}.$$

La clarté du premier objectif par rapport au second sera

$$C = \left(\frac{\delta}{F}\right)^2 \left(\frac{F'}{\delta'}\right)^2.$$

Le rapport $\frac{\delta}{F}$ est le *rapport de clarté* de l'objectif. On a l'habitude d'exprimer sa valeur par une fraction $\frac{1}{n}$ qui a pour numérateur l'unité.

La *clarté* d'un objectif est donc égale au carré de son rapport de clarté multiplié par le carré de l'inverse du rapport de clarté de l'objectif pris pour terme de comparaison.

Nous avons admis, dans les formules précédentes, que $\delta$ était le diamètre du diaphragme employé; mais le diamètre du diaphragme n'est égal au diamètre de l'ouverture utile de l'objectif que dans les objectifs simples. Si l'objectif est double, le diamètre de l'ouverture utile de l'objectif est donné par la formule

$$\delta = \frac{\psi\delta'}{\psi - l}.$$

Dans cette formule, $\psi$ représente la distance focale principale de la lentille antérieure de l'objectif, $\delta'$ est le diamètre du diaphragme, $l$ la distance qui sépare le centre du diaphragme du point nodal d'émergence de la lentille antérieure[1].

**162. Objectif type.** — Le choix de l'objectif type, dont la clarté est par convention égale à l'unité, est absolument arbitraire. On connaît actuellement trois systèmes de valeurs pour la clarté des objectifs :

*A).* Le système de R.-T. Dallmeyer employé depuis plusieurs années;

*B).* Le système du Congrès international de photographie de 1889;

*C).* Le système adopté par la Société photographique de la Grande-Bretagne.

*A).* Dans le système de R.-T. Dallmeyer, le rapport de clarté de l'objectif type est égal à $\frac{1}{\sqrt{10}}$, soit sensiblement $\frac{1}{3{,}16}$.

Les avantages qu'il y a à adopter pour objectif type celui dont le rapport de clarté est $\frac{1}{\sqrt{10}}$ sont les suivants :

1° Cette ouverture est très sensiblement l'ouverture *pratiquement* utile des meilleurs objectifs à portraits.

2° La clarté d'un objectif dont le rapport de clarté est $\frac{1}{n}$ s'exprime par

$$C = \left(\frac{1}{n}\right)^2 (\sqrt{10})^2 = \frac{1}{n^2}\,10.$$

1. De la Baume-Pluvinel, *Le temps de pose.* Paris, Gauthier-Villars.

La multiplication par 10 se faisant immédiatement, on peut dire que la clarté s'obtient par une seule opération : l'élévation de $\frac{1}{n}$ au carré.

L'inverse $\frac{1}{C}$ de la clarté, qui est un des facteurs du temps de pose, s'obtient très facilement dans ce système ; il suffit d'élever $n$ au carré et de reculer la virgule d'un rang vers la gauche.

3° Dans ce système, la clarté est presque toujours exprimée par un nombre plus petit que l'unité, et le coefficient de clarté $\frac{1}{C}$ par un nombre supérieur à l'unité.

Le seul reproche que l'on puisse faire à ce système est que le rapport de clarté de l'objectif type est un nombre incommensurable.

*B)*. Le Congrès international de photographie de 1889 a adopté comme rapport de clarté de l'objectif type $\frac{1}{10}$. Il a été appelé *pouvoir photométrique normal* d'un objectif celui qui correspond à l'admission de la lumière par une ouverture égale au dixième de la distance focale principale pendant l'unité de temps ; cette ouverture se nomme alors ouverture normale de l'objectif, et le diaphragme qui la réalise est le diaphragme normal ou diaphragme n° 1.

Dans ce système, la clarté d'un objectif dont le rapport de clarté est $\frac{1}{n}$ s'exprime par

$$C = \left(\frac{1}{n}\right)^2 (10)^2 = \frac{1}{n^2}\ 100.$$

On obtient donc la clarté de l'objectif en élevant $\frac{1}{n}$ au carré et multipliant par 100 ; ce système présente donc les mêmes avantages que le système de R.-T. Dallmeyer. Ici le rapport de clarté de l'objectif type est un nombre commensurable.

Le seul reproche que l'on puisse faire à ce système, c'est que le rapport de clarté de l'objectif type $\frac{1}{10}$ ne répond pas à ce qui existe comme objectifs photographiques : beaucoup d'objectifs ont des rapports de clarté supérieurs à $\frac{1}{10}$. Tous les objectifs à portraits sont dans ce cas. Voigtlander construit actuellement avec les nouveaux verres

de Schott, à Iéna, *six nouvelles séries* d'objectifs dont les rapports de clarté sont, *pratiquement*, supérieurs à $\frac{1}{10}$, et il est probable que le nombre de ces séries s'accroîtra encore; Dallmayer livre depuis longtemps six séries d'objectifs d'ouverture supérieure à $\frac{1}{10}$.

Les deux systèmes A et B diffèrent d'ailleurs peu en pratique; prenons, par exemple, l'objectif rectilinéaire rapide $6\frac{1}{2} \times 8\frac{1}{2}$; cet objectif est muni de la série suivante de diaphragmes :

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{8{,}66}, \quad \frac{1}{10}, \quad \frac{1}{12{,}25}, \quad \frac{1}{15{,}81}, \quad \frac{1}{22{,}36}, \quad \frac{1}{31{,}62}.$$

Dans le système de R.-T. Dallmeyer, la clarté sera :

$$\left(\frac{1}{n}\right)^2 (\sqrt{10})^2 = \frac{10}{75}, \quad \frac{10}{100}, \quad \frac{10}{150}, \quad \frac{10}{250}, \quad \frac{10}{500}, \quad \frac{10}{1000}.$$

Dans le système du Congrès de 1889 :

$$\left(\frac{1}{n}\right)^2 (10)^2 = \frac{100}{75}, \quad \frac{100}{100}, \quad \frac{100}{150}, \quad \frac{100}{250}, \quad \frac{100}{500}, \quad \frac{100}{1000}.$$

L'inverse $\frac{1}{C}$ de la clarté, facteur très important pour le temps de pose, sera :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R.-T. Dallmeyer : | $\frac{1}{C} = 7{,}5$ | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 |
| Congrès 1889 : | $\frac{1}{C} = 0{,}75$ | 1 | 1,5 | 2,5 | 5 | 10 |

Les nombres que l'on obtient dans ces deux séries ne diffèrent donc que par un déplacement de virgule ou la suppression d'un zéro.

C) Dans le système proposé par la Société photographique de la Grande-Bretagne, le rapport de clarté de l'objectif type est égal à $\frac{1}{4}$. La clarté de l'objectif qui a pour rapport de clarté $\frac{1}{n}$ est alors

$$C = \left(\frac{1}{n}\right)^2 (4)^2 = \frac{1}{n^2}\, 16 :$$

elle est égale au carré du rapport de clarté multiplié par 16. Cette multiplication par 16 rend ce système peu pratique; de plus, il existe des objectifs dont le rapport de clarté est supérieur à $\frac{1}{4}$. Ce système présente donc des inconvénients qui ne sont compensés par aucun avantage sérieux.

G. Watmough Webster[1] a proposé de prendre pour objectif type un objectif dont le rapport de clarté serait $\frac{1}{2}$. Dans ce système, la clarté est égale au rapport de clarté multiplié par 4.

**163. Corrections à introduire.** — Pour déterminer la clarté d'un objectif, nous avons dû supposer que l'objet considéré était dans le voisinage de l'axe principal de cet objectif; or, nous avons vu (**161**) que l'illumination de l'image d'un objet varie suivant l'angle que fait la directrice moyenne d'incidence avec l'axe principal. Si $\mathfrak{I}$ et $\mathfrak{I}'$ sont les illuminations de l'image lorsque l'objet est sur l'axe principal et sur une directrice faisant un angle $\alpha$ avec cet axe, l'on a

$$\mathfrak{I} = \mathfrak{I}' \cos^4 \alpha.$$

De plus, les rayons lumineux sont absorbés par les lentilles et réfléchis sur leurs diverses faces.

L'absorption de la lumière par l'objectif dépend de la qualité du verre. On reconnaîtra qu'une lentille est bien transparente lorsqu'en la plaçant sur du papier blanc il n'y aura aucune différence entre les éclats du papier vu directement et au travers du verre.

La perte de lumière due à le réflexion est d'autant plus considérable que les faces de l'objectif sont plus nombreuses. En réunissant deux lentilles avec du baume du Canada dont l'indice de réfraction se rapproche de celui du verre, on peut admettre que la réflexion sur les faces collées est nulle, et il n'y a à tenir compte que des réflexions aux faces extérieures des lentilles. Un objectif simple (à deux ou trois verres *collés*) n'a donc que deux surfaces réfléchissantes, et, toutes choses égales d'ailleurs, il est plus lumineux qu'un objectif double qui a quatre ou six faces extérieures.

On peut admettre que l'absorption et la réflexion causent une perte de lumière de 20 % en moyenne[2].

Pour comparer les clartés de deux objectifs A et B, M. de la Baume-Pluvinel a proposé le moyen suivant : on place une échelle photométrique, celle de Warnerke par exemple, en contact avec une plaque sensible, et on expose le tout au foyer principal de l'objectif A, après avoir dirigé l'appareil vers le ciel; puis on découvre l'objectif pendant un certain temps. On répète la même expérience, dans les mêmes conditions, avec l'objectif B. On développe simultanément les deux plaques sensibles, et on constate que les numéros des der-

1. *British journal of Photography*, sept. 1872, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 238.

2. De la Baume-Pluvinel, *Le temps de pose*, p. 16.

nières cases visibles sur les plaques sont $N_a$ sur la première plaque et $N_b$ sur la seconde. Le rapport des clartés sera

$$\frac{C_b}{C_a} = \left(\frac{4}{3}\right)^{N_b - N_a}.$$

**164. Mesure de la clarté propre des objectifs.** — M. le commandant Moessard emploie le dispositif suivant pour mesurer la clarté propre des objectifs, suivant l'axe principal. Soit AB (*fig. 326*) l'objectif à essayer : on prend deux sources de lumière égales C et C′, par exemple deux lampes à acétate d'amyle, donnant des flammes égales, limitées par un écran à fente transversale; on peut prendre aussi deux écrans translucides, de surfaces

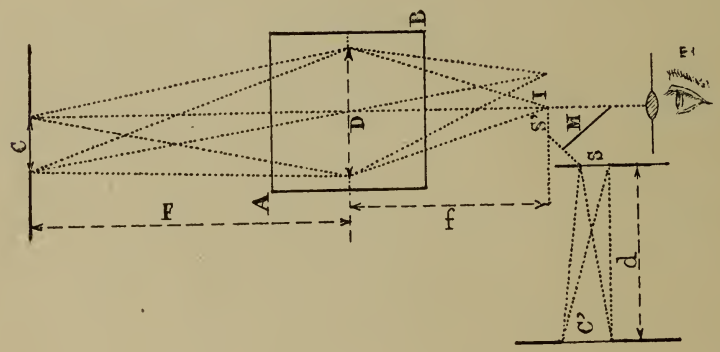



Fig. 326.

égales, éclairés par deux sources égales situées à même distance derrière ces écrans. En I et S on place deux écrans opalins, recevant l'un l'image conjuguée de C fournie par l'objectif, l'autre l'éclairement direct de l'écran C′. Un miroir M incliné à 45° avec la direction de l'axe principal renvoie l'image de S en S′ sur le prolongement de I. Les écrans I et S sont noircis, à l'exception des deux parties I et S, à peu près égales et telles que la partie translucide de I soit plus grande que l'image conjuguée de C.

L'œil placé en T, derrière un œilleton muni si l'on veut d'un oculaire, voit juxtaposées les surfaces éclairées S′ et I. La source C est fixe; on déplace la source C′ sur la ligne C′S jusqu'à ce que les éclats S′ et I soient égaux.

Admettons que l'on ait atteint ce résultat, et soit E l'équivalent numérique des sources de lumières égales C et C′; *c* la surface brillante de C et C′, *o* l'ouverture utile de l'objectif; F la distance fixe de C′ à D; *f* la distance de D à I; *i* et *s* les surfaces éclairées égales, l'une, *i*, à l'image de C; l'autre, *s*, à la portion translucide de l'écran de gauche; A et M les coefficients de clarté de l'objectif et du miroir, c'est-à-dire la quantité de lumière qu'ils transmettent, celles qu'ils reçoivent étant égale à 1.

*L'éclat intrinsèque superficiel* de $i$ est $\frac{Eco}{iF^2} \times A$ ; celui de S′ est égal à $E\,\frac{cs}{sd^2} \times M = \frac{EcM}{d^2}$.

Par hypothèse, ces deux éclats sont égaux : le calcul de cette dernière expression, où $d$ est la seule variable, donnera l'éclat superficiel de l'image I, éclat qui est inversement proportionnel à $d^2$.

On pourra prendre pour unité d'éclat superficiel celui d'une surface éclairée par l'unité de surface à l'unité de distance, par conséquent enlever l'objectif, faire $c = 1^{c2}$, $F + f = 1^{m}$, et mesurer la distance D correspondante, qui deviendrait alors unité de mesure. L'éclat superficiel d'une image serait alors égal à $\frac{D^2}{d^2}$.

Examinons ce que représente l'éclat superficiel qui a pour expression $E\,\frac{co}{iF^2}\,A$. Pour cela, remplaçons $\frac{c}{i}$ par sa valeur $\frac{F^2}{f^2}$ ; il vient $E\,\frac{o}{f^2}\,A$ ; mais E est une quantité constante, $\frac{o}{f^2}$ est l'angle conique des rayons convergents sur l'image $i$ ; cet angle n'est pas constant ; A est la quantité à évaluer.

En adoptant à tous les objectifs en essai le diaphragme normal ou un diaphragme de même numéro, on rend constante la quantité $\frac{o}{\varphi^2}$, $\varphi$ étant la distance focale principale.

On peut admettre que si F est un peu grand, la différence entre $\frac{o}{f^2}$ et $\frac{o}{\varphi^2}$ est très petite et négligeable ; en effet :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{F}$$

et

$$-\frac{1}{f^2} + \frac{1}{\varphi^2} = -\frac{1}{F^2} + \frac{2}{F\varphi}.$$

On pourra donc considérer sans erreur sensible $\frac{O}{f^2}$ comme constant si F est, par exemple, égal ou supérieur à 10 mètres, et l'expression $\frac{D^2}{d_2}$ qui mesure l'éclat intrinsèque superficiel de l'image pourra être considérée comme mesurant le coefficient de clarté A de l'objectif qui lui est proportionnel.

La mesure de la clarté se réduit donc à la mesure de la distance de la source de lumière mobile à l'écran correspondant.

L'adjonction de ce dispositif au tourniquet permet de mesurer la clarté suivant tous les axes secondaires de l'objectif, et par conséquent de se rendre compte des variations de l'éclairement de l'image avec l'inclinaison des rayons sur l'axe principal ; on peut cependant se contenter de l'essai de la clarté suivant l'axe principal [1].

1. P. Moessard, *Congrès international de photographie*, 1889.

**165. Essai de l'achromatisme de l'objectif.** — Il existe plusieurs moyens de reconnaître si le foyer physique de l'objectif coïncide avec son foyer chimique.

Pour cela, il suffit de disposer sur une planchette à dessin un titre de journal ou une série de chiffres assez grands et présentant des parties très déliées. On place la planchette *obliquement* par rapport à l'axe de l'objectif, de telle sorte que les lettres soient toutes inégalement éloignées de l'objectif; on met au point une lettre, l'objectif étant muni de son plus grand diaphrahme; on remplace la *glace* dépolie (qui était d'abord placée dans le châssis négatif) par une plaque sensible; on développe l'image. La lettre la plus nette doit être celle qui a été mise au point.

Claudet a imaginé pour cet essai un appareil qu'il a appelé *focimètre*. L'instrument se compose d'une série de secteurs numérotés

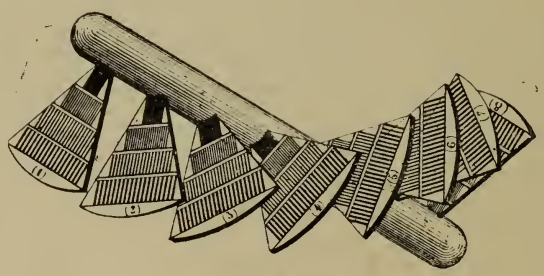


Fig. 327.

que l'on place sur une même tige à une certaine distance les uns des autres: on met au point l'un des secteurs. On photographie l'appareil : si le secteur qui précède ou celui qui suit le numéro mis au point est le plus net sur l'épreuve, c'est que l'objectif a un foyer chimique.

Cet essai est susceptible d'une grande précision si l'on emploie le *test-focimètre* (*fig. 327*) que nous avons fait construire pour l'étude des objectifs.

On peut, sans faire d'épreuve photographique, étudier comment un objectif se comporte avec les diverses radiations : c'est le procédé que nous avons vu employer chez le savant et regretté Prasmowski. On pointe l'objectif sur une série de trous percés dans une plaque de tôle se détachant sur le ciel, ou bien on place une fente d'environ $0^{m}05$ de long sur $0^{m}01$ de large, munie de deux fils tendus en croix (*fig. 328*) en face d'une surface bien

éclairée (mur blanc, ciel, etc.); on met très exactement au point, à l'aide d'une forte loupe ou d'un oculaire à micromètre, et l'on remplace la loupe par un spectroscope disposé de telle sorte que l'image qui se formait sur le micromètre soit à distance de la vision nette du spectroscope. L'objectif n'étant pas achromatique, une seule portion du spectre est bien au point et permet de voir nettement les bords et le fil horizontal de la fente; si l'objectif est achromatique, deux fragments plus ou moins écartés du spectre seront à la fois au point, et c'est de la position de ces fragments que l'on déduira la valeur de l'achromatisme réalisé. La réunion du bleu et du violet donne la meilleure solution.

On peut disposer l'expérience autrement. On met au point l'appareil sur un tube d'induction au chlorure d'indium : les deux raies de l'indium correspondent précisément aux deux régions du spectre dont il faut réunir les

Fig. 328.

foyers pour avoir le meilleur achromatisme chimique. Le spectroscope doit montrer à la fois ces deux raies bien nettes sur le plan même de la mise au point optique.

Claudet, Lerebours et Secretan[1] ont constaté depuis longtemps que les diverses substances sensibles employées à l'obtention des images nécessitaient des corrections différentes du foyer physique : d'après eux, le papier ciré, le collodion sec, le collodion humide, ont des foyers chimiques différents. Ces différences ne sont sensibles qu'avec des objectifs employés à toute ouverture et possédant peu de profondeur de foyer : il en est de même des écarts constatés par Claudet, écarts qui proviennent de l'état de l'atmosphère, de la température, etc.

Cet observateur a constaté[2] que les deux foyers ne sont jamais dans la même position l'un par rapport à l'autre; il y a une seule distance focale donnant la coïncidence des deux foyers. Claudet croyait qu'il était impossible de construire des objectifs dans lesquels les deux foyers puissent coïncider pour toutes les distances des objets, de tels instruments exigeant l'em-

1. Van Monckhoven, *Traité général de photographie*, 5e édition, p. 117.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858, p. 19.

ploi de deux espèces de verre dans lesquels les pouvoirs réfringents soient dans le même rapport que les pouvoirs dispersifs [1].

**166. Essais divers.** — Les différentes opérations que nous venons de décrire doivent être effectuées pour tous les objectifs : elles permettent de déterminer les constantes de ces objectifs. Indépendamment de ces constantes, il est bon d'examiner si l'objectif est bien centré. On peut étudier le centrage à l'aide du *tourniquet*. Si l'objectif est mal centré, le point nodal est en $n$, en dehors de l'axe de figure. On n'arrive à immobiliser l'image que pour deux positions symétriques de l'objectif dans sa rondelle : quand la main ira de gauche à droite, l'image suivra d'abord, puis s'arrêtera en $q'$ et $q''$ (*fig. 329*) pour revenir ensuite sur ses pas ; de droite à

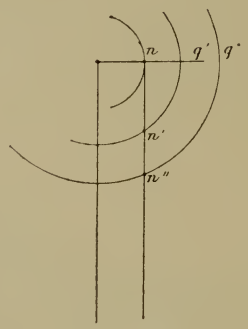



Fig. 329.

gauche, ce sera l'inverse. Quand le point nodal sera à hauteur de l'axe de rotation en $n$, le changement de sens du mouvement de l'image se fera au zéro.

On peut reconnaître plus simplement un mauvais centrage : on examine à travers l'objectif l'image de la flamme d'une bougie placée assez loin, l'observateur étant lui-même à une distance de l'objectif égale à trois ou quatre fois sa distance focale. On aperçoit une série d'images de la bougie, images produites par réflexion à la surface des lentilles. Si l'objectif est bien centré, on pourra trouver une position de l'œil et de l'objectif par rapport à la bougie permettant de placer toutes ces images sur une même droite, ce qu'il est impossible d'obtenir avec un objectif mal centré.

Les verres composant un objectif doivent être exempts de veines, stries, etc. Les diverses surfaces doivent être correctement polies par l'opticien. Toute apparence terne ou grise qui reste après un nettoyage soigneux est l'indice d'un poli défectueux. La présence de quelques bulles d'air n'affecte en rien la qualité d'un objectif. Si les lentilles sont accidentellement éraillées, il convient de recouvrir l'éraillure avec un peu de noir de fumée ; la perte de lumière qui en résulte est insensible, et l'on évite ainsi l'altération de l'image qui se produirait si l'éraillure était un peu profonde.

1. *Liverpool and Manchester Photographic journal*, 1857.

**167. Résumé.** — Nous nous sommes étendus un peu longuement sur l'essai des objectifs, parce que ces instruments ne sont pas, en général, livrés avec une feuille spéciale pour chaque appareil indiquant ses diverses qualités. L'opérateur qui ne possède pas un matériel spécial pour essayer complètement les objectifs, celui qui manque de connaissances théoriques suffisantes devra cependant faire les essais suivants, dont nous démontrerons plus loin l'utilité.

A). *Mesure de la distance focale principale.* Pour cela, on met au point sur des objets très éloignés, l'objectif étant muni de son plus grand diaphragme. On marque sur la base de la chambre la position de l'un des bords du cadre à glace dépolie ou de la planchette porte-objectif; on trace sur un carton une ligne de $0^m10$ de long et on la met au point en disposant l'appareil de telle sorte que l'image de la ligne soit reproduite à moitié grandeur. (Cette ligne devra donc occuper *exactement* $0^m05$ de long sur la glace dépolie.) On marquera sur la base de la chambre noire la position du *même* bord du cadre à glace dépolie ou de la planchette porte-objectif. La distance qui sépare les deux traits ainsi marqués sur la base représente la moitié de la longueur focale principale; il suffira donc de *doubler cette distance* pour avoir la longueur focale principale.

B). *Profondeur de foyer, astigmatisme, distorsion.* La profondeur de foyer dépend du diaphragme employé. L'astigmatisme se reconnaît à ce qu'il est impossible de mettre au point à partir d'une certaine distance du centre; quant à la distorsion, on la mettra en évidence en cherchant à reproduire l'image de traits horizontaux et verticaux formant un quadrillé : les lignes droites ne doivent pas être cintrées sur la glace dépolie s'il n'y a pas distorsion.

C). La mesure du *champ de netteté* peut s'effectuer approximativement en examinant sur la glace dépolie d'une chambre noire munie de son objectif quelle est la distance maxima des objets dont l'image se forme avec une netteté suffisante; cet essai doit être fait avec les divers diaphragmes de l'objectif : on saura ainsi qu'avec *tel* diaphragme l'objectif couvre une surface de *tel* diamètre.

D). *Clarté.* Si l'objectif est simple, on mesurera, à l'aide d'une règle graduée ou à l'aide d'un compas, le *diamètre* du diaphragme de l'objectif; s'il est double ou triple, on opèrera de la manière suivante : on mettra au point un objet très éloigné, on remplacera la glace dépolie par un châssis négatif dans lequel on placera un morceau de carton au lieu d'une glace préparée. On fait une ouverture ronde au

centre du carton et on transporte le tout dans l'obscurité; on place ensuite une bougie tout près de l'ouverture du carton et l'on observe la partie éclairée visible sur la combinaison antérieure. Le diamètre de cette partie éclairée, mesurée avec soin (à l'aide des pointes d'un compas) représente l'ouverture utile de l'objectif pour le diaphragme employé. En divisant cette longueur (exprimée en millimètres) par le nombre qui exprime la distance focale de l'objectif, on aura le rapport de clarté. Par exemple, la distance focale principale d'un objectif est $0^m200$, soit 200 millimètres; le diamètre de l'image qui se dessine sur la lentille antérieure est 10 millimètres.

Le rapport de clarté sera

$$\frac{10}{200} = \frac{1}{20}.$$

*E). Achromatisme.* La recherche de l'achromatisme pourra s'effectuer d'une manière suffisamment précise en reproduisant à assez grande échelle $\left(\frac{1}{3}\text{ ou }\frac{1}{4}\text{ de grandeur naturelle}\right)$ un titre de journal placé assez obliquement (30 à 40°) par rapport à l'axe de l'objectif. On met au point une des lettres, l'objectif étant muni de son plus grand diaphragme; on remplace dans le châssis négatif la glace dépolie par une plaque sensible, l'on fait poser et l'on développe le cliché; on examine le négatif. La lettre qui a été mise au point doit être plus nette que les autres.

### § 3. — Coefficient de clarté, profondeur de foyer, dimension des images.

**168.** L'expression la plus générale qui détermine le temps de pose $t$ peut prendre la forme suivante :

$$t = \frac{1}{E}\,\frac{1}{I}\,\frac{1}{C}\,\frac{1}{S}\,\frac{D^2}{(D-F)^2},$$

formule dans laquelle $\frac{1}{E}$ est une fonction des éclats actiniques $A_1A_2 \ldots A_n$ des divers éléments de l'objet et des angles $\alpha_1\alpha_2 \ldots \alpha_n$ que font les axes secondaires des éléments $p_1p \ldots p_n$ avec l'axe principal de l'objectif; I est l'intensité actinique du faisceau éclairant; C la clarté décimale de l'objectif diaphragmé, S la sensibilité de la plaque, D la distance de l'objet à l'objectif, F la distance focale principale de l'objectif.

Cette formule peut se simplifier si l'on suppose que les plaques aient toutes la même sensibilité, si on néglige le coefficient de distance et si l'on réunit en un seul les coefficients d'éclat et d'éclairage. En désignant par L ce dernier coefficient double, la formule du temps de pose se réduit à

$$t = L \times \frac{1}{C}.$$

Le coefficient de clarté est l'inverse de la clarté (**161**). Le coefficient de clarté *décimal* est, dans le système de R. T. Dallmeyer,

$$\frac{1}{C} = n^2 \frac{1}{10};$$

il est, dans le système du Congrès de 1889,

$$\frac{1}{C} = n^2 \frac{1}{100};$$

et dans le système de la Société photographique de la Grande-Bretagne, il est

$$\frac{1}{C} = n^2 \frac{1}{16}.$$

On voit donc l'avantage qu'il y a à employer le système décimal. Le tableau **168 — A** indique la valeur de ces différents coefficients de clarté dans les trois systèmes en fonctions du rapport de clarté $\frac{1}{n}$.

Le rapport $\frac{1}{n}$ dont dépend le coefficient de clarté est égal au rapport $\frac{\delta}{F}$. On peut donc calculer $n$ en divisant la distance focale de l'objectif par son ouverture utile. M. de la Baume-Pluvinel a construit un diagramme (*fig. 330*) qui dispense de faire cette opération et donne de suite la valeur du rapport $\frac{1}{n}$. Le diaphragme qui limite l'ouverture utile de l'objectif est appliqué sur la figure et disposé de manière qu'un de ses diamètres se confonde avec la ligne horizontale inférieure. Cela fait, on considère la verticale passant par l'extrémité droite du diamètre du diaphragme et on prend l'intersection de cette verticale avec l'horizontale correspondant au foyer de l'objectif. La position du point de rencontre des deux droites, par rapport aux diagonales qui le comprennent, indiquent la valeur du rapport $\frac{1}{n}$. Supposons, par exemple, $\delta = 0^m06$ et $F = 0^m25$ : l'extrémité droite de l'un des diamètres du diaphragme appliqué sur la base de la figure tombe sur la division 6. La verticale passant par ce point rencontre

168 — A

| RAPPORT de clarté $\frac{1}{n}$. | COEFFICIENT de clarté de la Soc. G. B. $\frac{n^2}{16}$. | COEFFICIENT de clarté décimal $\frac{n^2}{10}$. | COEFFICIENT de clarté système du Congrès. $\frac{n^2}{100}$ | RAPPORT de clarté $\frac{1}{n}$. | COEFFICIENT de clarté de la Soc. G. B. $\frac{n^2}{16}$. | COEFFICIENT de clarté décimal $\frac{n^2}{16}$. | COEFFICIENT de clarté système du Congrès. $\frac{n^2}{100}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{1}{2.5}$ | 0,4 | **0,6** | 0,06 | $\frac{1}{14}$ | 12,2 | **19,6** | 1,96 |
| $\frac{1}{2.7}$ | 0,5 | **0,7** | 0,07 | $\frac{1}{15}$ | 14,1 | **22,5** | 2,25 |
| $\frac{1}{3}$ | 0,6 | **0,9** | 0,09 | $\frac{1}{16}$ | 16,0 | **25,6** | 2,56 |
| $\frac{1}{3.2}$ | 0,7 | **1,0** | 0,01 | $\frac{1}{17}$ | 18,1 | **28,9** | 2,89 |
| $\frac{1}{3.5}$ | 0,8 | **1,2** | 0,12 | $\frac{1}{18}$ | 20,2 | **32,4** | 3,24 |
| $\frac{1}{3.7}$ | 0,9 | **1,4** | 0,14 | $\frac{1}{19}$ | 22,6 | **36,1** | 3,61 |
| $\frac{1}{4}$ | 1,0 | **1,6** | 0,16 | $\frac{1}{20}$ | 25,0 | **40,0** | 4,00 |
| $\frac{1}{4.2}$ | 1,1 | **1,8** | 0,18 | $\frac{1}{22}$ | 30,2 | **48,4** | 4,84 |
| $\frac{1}{4.5}$ | 1,3 | **2,0** | 0,20 | $\frac{1}{24}$ | 36,0 | **57,6** | 5,76 |
| $\frac{1}{4.7}$ | 1,4 | **2,2** | 0,22 | $\frac{1}{26}$ | 42,2 | **67,6** | 6,76 |
| $\frac{1}{5}$ | 1,6 | **2,5** | 0,25 | $\frac{1}{28}$ | 49,0 | **78,4** | 7,84 |
| $\frac{1}{5.5}$ | 2,0 | **3,0** | 0,30 | $\frac{1}{30}$ | 56,2 | **90,0** | 9,00 |
| $\frac{1}{6}$ | 2,2 | **3,6** | 0,36 | $\frac{1}{32}$ | 64,0 | **102,4** | 10,24 |
| $\frac{1}{6.5}$ | 2,6 | **4,2** | 0,42 | $\frac{1}{34}$ | 72,2 | **115,6** | 11,56 |
| $\frac{1}{7}$ | 3,1 | **4,9** | 0,49 | $\frac{1}{36}$ | 81,0 | **129,6** | 12,96 |
| $\frac{1}{7.5}$ | 3,5 | **5,6** | 0,56 | $\frac{1}{38}$ | 90,2 | **144,4** | 14,44 |
| $\frac{1}{8}$ | 4,0 | **6,4** | 0,64 | $\frac{1}{40}$ | 100,0 | **160,0** | 16,00 |
| $\frac{1}{8.5}$ | 4,5 | **7,2** | 0,72 | $\frac{1}{42}$ | 110,2 | **176,4** | 17,64 |
| $\frac{1}{9}$ | 5,1 | **8,1** | 0,81 | $\frac{1}{44}$ | 121,0 | **193,6** | 19,36 |
| $\frac{1}{9.5}$ | 5,7 | **9,0** | 0,90 | $\frac{1}{46}$ | 132,2 | **211,6** | 21,16 |
| $\frac{1}{10}$ | 6,2 | **10,0** | 1,00 | $\frac{1}{48}$ | 144,0 | **230,4** | 23,04 |
| $\frac{1}{11}$ | 7,1 | **12,1** | 1,21 | $\frac{1}{50}$ | 156,2 | **250,0** | 25,00 |
| $\frac{1}{12}$ | 9,0 | **14,4** | 1,44 | $\frac{1}{55}$ | 189,1 | **302,5** | 30,25 |
| $\frac{1}{13}$ | 10,6 | **16,9** | 1,69 | $\frac{1}{60}$ | 225,0 | **360,0** | 36,00 |

l'horizontale de la division 25 en un point compris entre les diagonales $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{5}$. D'après la position de ce point par rapport à ces deux diagonales, on voit que le rapport $\frac{1}{n}$ est environ $\frac{1}{4,2}$.

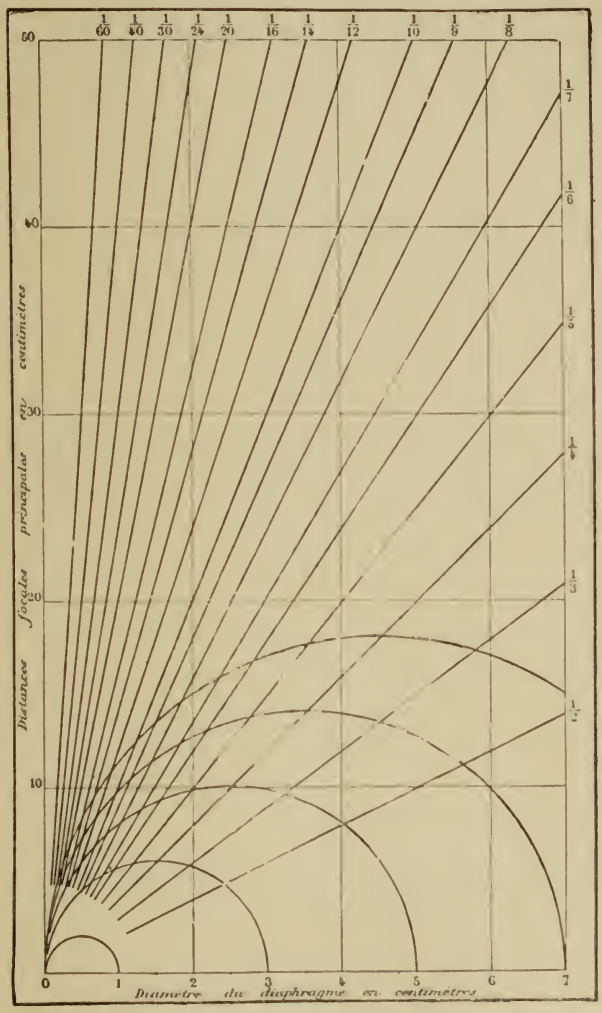



Fig. 330.

**169. Graduation des diaphragmes.** — Les bons constructeurs calculent les ouvertures des diaphragmes de manière que les

temps de pose aillent en doublant quand on passe d'un diaphragme au suivant. Ce calcul peut se faire simplement. Soit, en effet, $\frac{1}{C_o}$ le coefficient de clarté de l'objectif, muni du plus grand diaphragme, celui que l'on désigne habituellement sous le n° 0; soit $\frac{1}{C_p}$ le coefficient de clarté de l'objectif avec le diaphragme n° $p$. Les coefficients de clarté doivent doubler quand on passe d'un diaphragme au suivant; donc

$$\frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_o} 2^p :$$

mais

$$\frac{1}{C_o} = \left(\frac{F}{\delta_o}\right)^2 \frac{1}{10}, \qquad \frac{1}{C_p} = \left(\frac{F}{\delta_p}\right)^2 \frac{1}{10};$$

par suite,

$$\delta_p = \frac{\delta_o}{\sqrt{2^p}}.$$

En donnant à $p$ des valeurs entières et consécutives, on aura les diamètres des diaphragmes en fonction de l'ouverture maxima $\delta^o = 1{,}000$ de l'objectif :

$$\delta_1 = 0{,}707\,\delta_o,$$
$$\delta_3 = 0{,}353\,\delta_o,$$
$$\delta_5 = 0{,}176\,\delta_o,$$
$$\delta_7 = 0{,}176\,\delta_o$$
$$\delta_2 = 0{,}500\,\delta_o,$$
$$\delta_4 = 0{,}250\,\delta_o,$$
$$\delta_6 = 0{,}125\,\delta_o,$$
$$\delta_8 = 0{,}062\,\delta_o$$

M. G.-L. Addenbrooke[1] a indiqué une construction géométrique permettant d'obtenir les diamètres des diaphragmes donnant une série de temps de pose variant comme les nombres

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, .....

A l'aide des nombres que nous venons de faire connaître, on obtiendra bien plus rapidement le diamètre de ces diaphragmes.

1. *The British journal photographic Almanac*, 1884, p. 110.

puisqu'il suffit de multiplier par $\delta_1$, $\delta_2$, $\delta_3$, ... $\delta_p$ le diamètre du plus grand diaphragme choisi pour avoir immédiatement des diamètres de diaphragmes régulièrement gradués.

R.-T. Dallmeyer[1] a établi une échelle (en centimètres et pouces) permettant d'obtenir immédiatement les diamètres des diaphragmes suivant le système qu'il a adopté, système dans lequel le rapport de clarté $\frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{10}}$.

Nous avons vu (**85**) quelle était la position du diaphragme dans l'objectif : on peut, à l'aide du tourniquet Moessard, reconnaître si les diaphragmes sont bien placés dans un objectif symétrique. Soient

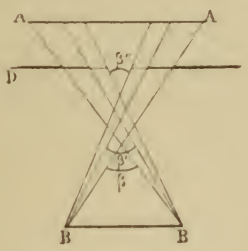



Fig. 331.

AA et BB (*fig. 331*) les lentilles. D le diaphragme : le champ de visibilité β maximum, avec le diaphragme D, ira en diminuant, comme l'indique la figure β, β', β'', à mesure qu'on prendra un plus petit diaphragme, si ce diaphragme est mal placé.

**170. Profondeur de foyer.** — Soit P' (*fig. 332*) l'image du point P formé par un objectif aplanétique L. (Un objectif est dit aplanétique pour un point lorsqu'il donne une image rigoureusement nette de ce point. Voir **39**.) Si on recule le point-objet de P en Q, ou si on l'avance de P en R, les cônes des rayons réfractés découpent sur le plan focal passant par $p'$ de petits cercles $qq'$. Lorsque ces petits cercles sont égaux au cercle de diffusion tolérée, la distance PQ est la profondeur de foyer postérieure, et la distance PR la profondeur de foyer antérieure. La *profondeur totale de foyer* est la distance QR.

1. *The journal of the Camera club* (conférence), 16 mars 1888.

Il serait plus rationnel[1] d'appeler les distances PQ et PR les *profondeurs d'objet* et de réserver pour les distances P'Q' et P'R' les dénominations de profondeur de foyer, comme le font plusieurs auteurs.

La *profondeur de foyer* (voir p. 315) est déterminée par le diamètre du

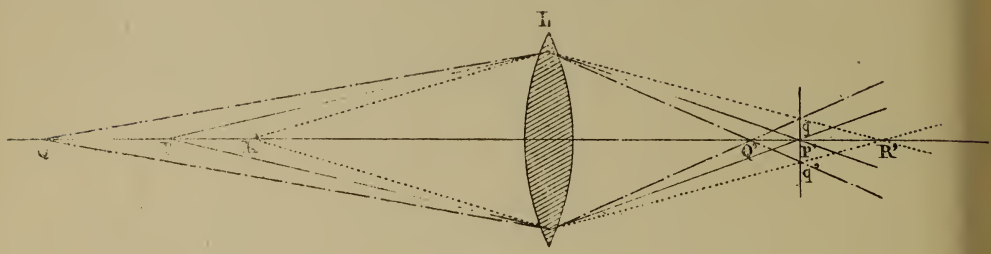



Fig. 332.

diaphragme. A mesure que ce diamètre diminue la profondeur de foyer augmente, et, pour obtenir une profondeur de foyer double, l'ouverture du diaphragme doit être diminuée de moitié, ce qui nécessitera un temps de pose quatre fois plus considérable, toutes choses égales d'ailleurs.

La profondeur de foyer devient infinie lorsque la distance du point-objet à l'objectif est égale à

$$D_o = \frac{F^2}{n\omega}.$$

**170 — A**

| OUVERTURE | TEMPS de POSE. | FOYER DE L'OBJECTIF EN CENTIMÈTRES | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 38 | 45 | 53 | 60 |
| | | DISTANCE DE L'OBJET LE PLUS RAPPROCHÉ (APPROXIMATIVEMENT). | | | | | | | | |
| $\frac{f}{10}$ | 1 | 4,20 | 9,30 | 16,20 | 25,20 | 36,30 | 56,70 | 81,60 | 110,40 | 144,60 |
| $\frac{f}{15}$ | 2 | 2,70 | 6,30 | 10,80 | 16,80 | 24,30 | 37,80 | 54,60 | 74,10 | 96,60 |
| $\frac{f}{20}$ | 4 | 2,10 | 4,80 | 8,10 | 12,90 | 18,30 | 28,50 | 41,10 | 55,80 | 72,60 |
| $\frac{f}{25}$ | 6 | 1,80 | 3,90 | 6,60 | 10,20 | 15,00 | 22,80 | 33,00 | 45,00 | 58,20 |
| $\frac{f}{30}$ | 8 | 1,50 | 3,30 | 5,40 | 8,70 | 12,30 | 19,20 | 27,60 | 37,20 | 48,60 |
| $\frac{f}{35}$ | 12 | 1,35 | 2,85 | 4,80 | 7,50 | 10,50 | 16,50 | 23,70 | 31,80 | 40,50 |
| $\frac{f}{40}$ | 16 | 1,20 | 2,70 | 4,20 | 6,60 | 9,30 | 14,40 | 20,70 | 28,20 | 36,60 |

1. De la Baume-Pluvinel, *Mémoire inédit.*

Tous les points situés au delà de cette distance donneront dans l'appareil photographique une image nette. En supposant que le diamètre des cercles de confusion soit de 0m00025, Dallmeyer a construit la tableau **170 — A** pour les différentes valeurs attribuées à F (foyer de l'objectif) et $\frac{1}{n}$ (ouverture ou rapport de clarté).

Soit, par exemple, à trouver la distance de l'objet le plus rapproché de l'avant-plan pour un objectif de 0,15 de foyer avec un diaphragme dont le rapport de clarté est $\frac{1}{10}$.

Nous chercherons dans la première colonne (ouverture) le rapport $\frac{1}{10}$. Parcourant cette ligne de droite à gauche, nous cherchons le nombre qui se trouve au-dessous de 15, distance focale de l'objectif : nous trouvons 9m30 comme distance cherchée. C'est celle à partir de laquelle tous les points situés *au delà* donneront dans l'appareil photographique une image nette.

La formule $D_0 = \frac{F^2}{n\omega}$ montre que $D_0$ étant inversement proportionnel à $\omega$ et directement proportionnel à $\frac{1}{n}$, il sera toujours facile, à l'aide de cette formule, de trouver les valeurs de $D_0$ qui correspondent à des valeurs différentes de $\omega$ et de $\frac{1}{n}$.

M. de la Baume-Pluvinel a calculé le tableau **170 — B** dans l'hypothèse où $\omega = 0^m0002$.

**170 — B**

| | RAPPORT DE CLARTÉ $\frac{1}{n}$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{20}$ | $\frac{1}{25}$ | $\frac{1}{30}$ | $\frac{1}{35}$ | $\frac{1}{40}$ | $\frac{1}{45}$ | $\frac{1}{50}$ | $\frac{1}{55}$ | $\frac{1}{60}$ |
| DISTANCE FOCALE EN CENTIMÈTRES F — 5 | 2.5 | 1.3 | .9 | .7 | .5 | .5 | .4 | .4 | .3 | .3 | .3 | .3 |
| 10 | 10.0 | 5.0 | 3.4 | 2.5 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | .9 | .9 |
| 15 | 22.5 | 11.3 | 7.5 | 5.7 | 4.5 | 3.8 | 3.3 | 2.9 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 1.9 |
| 20 | 40.0 | 20.0 | 13.4 | 10.0 | 8.0 | 6.7 | 5.8 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.7 | 3.4 |
| 25 | 62.5 | 31.3 | 20.9 | 15.7 | 12.5 | 10.5 | 9.0 | 7.9 | 7.0 | 6.3 | 5.7 | 5.3 |
| 30 | 90.0 | 45.0 | 30.0 | 22.5 | 18.0 | 15.0 | 12.9 | 11.3 | 10.0 | 9.0 | 8.2 | 7.5 |
| 35 | 122.5 | 61.3 | 40.9 | 30.7 | 22.5 | 20.5 | 17.5 | 15.4 | 13.6 | 12.3 | 11.2 | 10.3 |
| 40 | 160.0 | 80.0 | 53.4 | 40.0 | 32.0 | 26.7 | 22.9 | 20.0 | 17.8 | 16.0 | 14.6 | 13.4 |
| 45 | 202.5 | 101.3 | 67.5 | 50.7 | 40.5 | 33.8 | 29.0 | 25.4 | 22.5 | 20.3 | 18.4 | 16.9 |
| 50 | 250.0 | 125.0 | 83.4 | 62.5 | 50.0 | 41.7 | 35.8 | 31.3 | 27.8 | 25.0 | 22.8 | 20.9 |

On se sert facilement de ce tableau. Soit un objectif de 15 centimètres de foyer ayant un rapport de clarté égal à $\frac{1}{10}$, à quelle distance doit se trouver l'objet le plus rapproché pour correspondre à une netteté de $0^{m}0002$?

Dans la colonne verticale du rapport de clarté $\frac{1}{10}$, nous cherchons le nombre qui se trouve sur la même ligne horizontale que le nombre 15, distance focale de l'objectif en centimètres; nous trouvons ainsi $11^{m}3$ pour distance cherchée.

Cet exemple montre que, à mesure que l'on désire une netteté plus considérable, la distance de l'avant-plan augmente. Si l'on voulait n'admettre que des cercles de confusion ayant un diamètre de $0^{m}0001$, il suffirait de doubler tous les nombres de la table précédente pour avoir les nouvelles valeurs de $D_0$. M. Pizzighelli a calculé[1] dans cette hypothèse le tableau **170 — C**.

**170 — C**

| DISTANCE focale F en millimètres. | RAPPORT DE CLARTÉ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{f}{5}$ | $\frac{f}{10}$ | $\frac{f}{15}$ | $\frac{f}{20}$ | $\frac{f}{25}$ | $\frac{f}{30}$ | $\frac{f}{35}$ | $\frac{f}{40}$ | $\frac{f}{45}$ | $\frac{f}{50}$ | $\frac{f}{55}$ | $\frac{f}{60}$ |
| | LA DISTANCE DE L'OBJET DEVRA ÊTRE EN MÈTRES : | | | | | | | | | | | |
| 50..... | **5** | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 100..... | 20 | **10** | 6,7 | 5,0 | 4 | 3,4 | 2,9 | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,7 |
| 150..... | 45 | 22,5 | **15** | 11,3 | 9 | 7,5 | 6,5 | 5,7 | 5,0 | 4,5 | 4,1 | 3,8 |
| 200..... | 80 | 40,0 | 26,7 | **20** | 16 | 13,4 | 11,5 | 10,0 | 8,9 | 8,0 | 7,3 | 6,7 |
| 250..... | 125 | 62,5 | 41,7 | 31,3 | **25** | 20,9 | 17,9 | 15.7 | 13,9 | 12,5 | 11,4 | 10,5 |
| 300..... | 180 | 90,0 | 60,0 | 45,0 | 36 | **30** | 25,7 | 22,5 | 20,0 | 18,0 | 16,4 | 15,0 |
| 350 ..... | 245 | 122,5 | 81,7 | 61,3 | 45 | 40,9 | **35** | 30,7 | 27,2 | 24,5 | 22,3 | 20,5 |
| 400..... | 320 | 160,0 | 106,7 | 80,0 | 64 | 53,4 | 45,7 | **40** | 35,6 | 32,0 | 29,1 | 26,7 |
| 450..... | 405 | 202,5 | 135,0 | 101,3 | 81 | 67,5 | 57,9 | 50,7 | **45** | 40,5 | 36,8 | 33,8 |
| 500..... | 500 | 250,0 | 166,7 | 125,0 | 100 | 83,4 | 71,5 | 62,5 | 55,6 | **50** | 45,5 | 41,7 |

Ce tableau montre qu'avec un objectif de $0^{m},15$ (150 millimètres) de distance focale et un rapport de clarté $\frac{1}{10}$ $\left(\text{diaphragme d'ouverture } \frac{f}{10}\right)$, l'avant-plan de l'infini sera à $22^{m}60$; elle montre aussi que plus la longueur focale augmente, plus l'on doit diminuer l'ouverture du diaphragme. Les

1. *Phot. Correspondenz*, 1886, p. 481.

distances correspondant à 100 fois la distance focale sont imprimées en chiffres gras.

Si le cliché que l'on veut obtenir est destiné à l'agrandissement, il y a intérêt à adopter comme diamètre des cercles de confusion les plus petites valeurs et prendre alors 0m0001 pour diamètre de ce cercle ; mais, en pratique, il suffit d'adopter 0m00025 ou 0m0002 pour diamètre de ces cercles.

**171. Profondeur postérieure, antérieure et totale.** — Ces trois profondeurs de foyer sont données par les formules

$$P_p = \frac{D(D-F)\omega}{F^2\frac{1}{n} - D\omega}, \qquad P_a = \frac{D(D-F)\omega}{F^2\frac{1}{n} + D\omega}, \qquad P_{p+a} = \frac{2(D-F)}{\frac{F^2}{nD\omega} - \frac{nD\omega}{F^2}}.$$

A l'aide de ces formules, M. de la Baume-Pluvinel a calculé le tableau **171 — A** et tracé un graphique (*fig. 333*) permettant de déterminer facile-

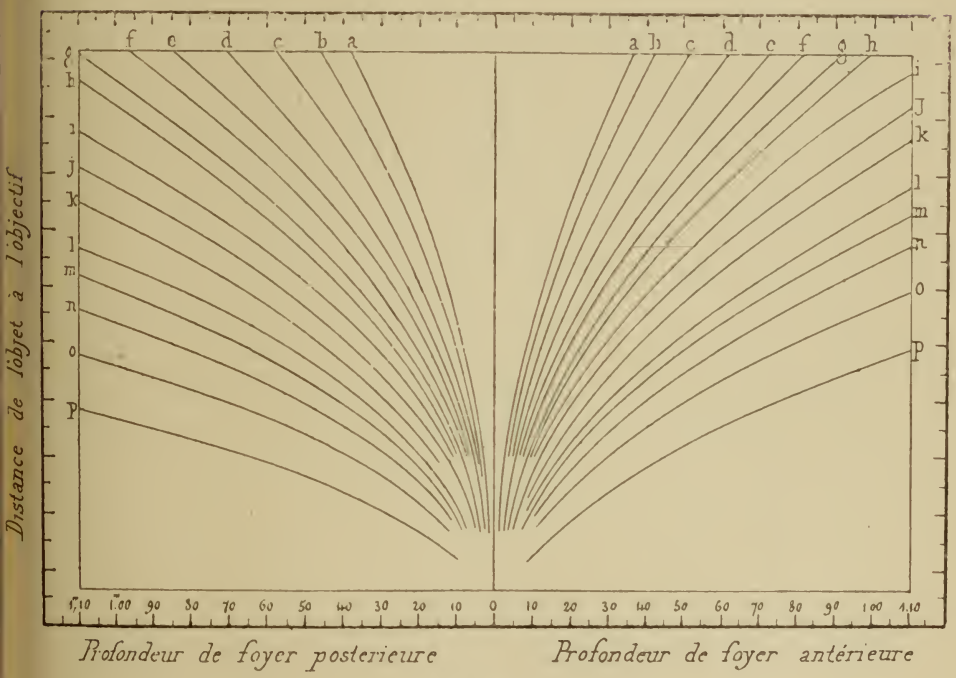



Fig. 333.

ment les profondeurs de foyer d'un objectif sans avoir à effectuer dans chaque cas particulier un calcul spécial.

Pour se servir de cette table et du graphique, on opère de la manière sui-

171 — A

| DISTANCES focales en centimètres. | *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* | *g* | *h* | *i* | *j* | *k* | *l* | *m* | *n* | *o* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | » | » | » | » | » | | | | | | | | | | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$* |
| 15 | » | » | » | » | » | | | | | | | — | — | — | $\frac{1}{4.5}$ | — |
| 20 | » | » | » | » | » | » | $\frac{1}{2}$* | — | — | $\frac{1}{3}$* | $\frac{1}{3.5}$* | — | $\frac{1}{5}$* | $\frac{1}{6}$* | $\frac{1}{8}$* | — |
| 25 | » | » | » | $\frac{1}{2.1}$ | $\frac{1}{2.4}$ | $\frac{1}{2.7}$ | $\frac{1}{3.1}$ | $\frac{1}{3.6}$ | $\frac{1}{4.2}$ | $\frac{1}{4.7}$ | $\frac{1}{5.6}$ | $\frac{1}{6.9}$ | $\frac{1}{7.8}$ | $\frac{1}{9.6}$ | $\frac{1}{12}$ | — |
| 30 | » | $\frac{1}{2}$* | $\frac{1}{2.4}$ | $\frac{1}{3}$* | $\frac{1}{3.5}$ | $\frac{1}{4}$* | $\frac{1}{4.5}$ | $\frac{1}{5}$* | $\frac{1}{6}$* | $\frac{1}{6.9}$ | $\frac{1}{8.1}$ | $\frac{1}{10}$* | $\frac{1}{11.5}$ | $\frac{1}{14}$ | $\frac{1}{18.5}$ | — |
| 35 | $\frac{1}{2.3}$ | $\frac{1}{2.6}$ | $\frac{1}{3.3}$ | $\frac{1}{4.1}$ | $\frac{1}{4.7}$ | $\frac{1}{5.4}$ | $\frac{1}{6.6}$ | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{8.3}$ | $\frac{1}{9.5}$ | $\frac{1}{11.1}$ | $\frac{1}{13.8}$ | $\frac{1}{15.7}$ | $\frac{1}{19.2}$ | $\frac{1}{25.5}$ | — |
| 40 | $\frac{1}{3}$* | $\frac{1}{3.4}$ | $\frac{1}{4.4}$ | $\frac{1}{5.4}$ | $\frac{1}{6.2}$ | $\frac{1}{7.1}$ | $\frac{1}{8.2}$ | $\frac{1}{9.3}$ | $\frac{1}{11}$ | $\frac{1}{12.4}$ | $\frac{1}{14.6}$ | $\frac{1}{18.2}$ | $\frac{1}{20.7}$ | $\frac{1}{25.5}$ | $\frac{1}{33.7}$ | — |
| 45 | $\frac{1}{3.5}$ | $\frac{1}{4.4}$ | $\frac{1}{5.6}$ | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{9.1}$ | $\frac{1}{10.5}$ | $\frac{1}{11.9}$ | $\frac{1}{14}$ | $\frac{1}{15.8}$ | $\frac{1}{18.6}$ | $\frac{1}{23.2}$ | $\frac{1}{26.5}$ | $\frac{1}{32.6}$ | $\frac{1}{41.2}$ | |
| 50 | $\frac{1}{4.4}$ | $\frac{1}{5.5}$ | $\frac{1}{7}$* | $\frac{1}{8.6}$ | $\frac{1}{10}$* | $\frac{1}{11.3}$ | $\frac{1}{13}$ | $\frac{1}{14.8}$ | $\frac{1}{17.4}$ | $\frac{1}{19.7}$ | $\frac{1}{23.2}$ | $\frac{1}{29}$ | $\frac{1}{33}$ | $\frac{1}{40.8}$ | $\frac{1}{54}$ | |
| 55 | $\frac{1}{5.4}$ | $\frac{1}{6.6}$ | $\frac{1}{8.5}$ | $\frac{1}{10.5}$ | $\frac{1}{12}$ | $\frac{1}{13.8}$ | $\frac{1}{15.8}$ | $\frac{1}{18}$ | $\frac{1}{21.2}$ | $\frac{1}{24}$ | $\frac{1}{28.3}$ | $\frac{1}{35.4}$ | $\frac{1}{40.3}$ | $\frac{1}{50}$ | $\frac{1}{66}$ | |
| 60 | $\frac{1}{6.5}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{12.6}$ | $\frac{1}{14.4}$ | $\frac{1}{16.5}$ | $\frac{1}{19}$ | $\frac{1}{21.6}$ | $\frac{1}{25.4}$ | $\frac{1}{28.9}$ | $\frac{1}{34}$ | $\frac{1}{42.6}$ | $\frac{1}{48.5}$ | $\frac{1}{60}$ | | |

vante : on considère dans la table la ligne correspondant à la distance focale principale F de l'objectif; on parcourt cette ligne jusqu'à ce que l'on rencontre le rapport de clarté donné $\frac{1}{n}$, ou le nombre qui s'en rapproche le plus; puis, remontant la colonne où figure ce nombre, on trouve à la ligne supérieure une lettre qui indique à quelle courbe du graphique l'on doit se reporter. Consultant alors le graphique, on considère la ligne horizontale correspondant à la distance donnée de l'objet à l'objectif. On parcourt cette ligne jusqu'aux points où elle rencontre les courbes auxquelles on doit se reporter. En mesurant sur l'échelle à la base du graphique la distance de ces points à la verticale passant par le point *o*, on obtient les profondeurs postérieures et antérieures du foyer.

Prenons par exemple l'objectif 3B de Dallmeyer, diaphragmé à $\frac{f}{6}$ ; on a donc $\frac{1}{n} = \frac{1}{6}$. Nous voulons avec cet instrument photographier un objet situé à 7 mètres; quelles sont, dans ces conditions, les profondeur de foyer de cet objectif ?

Cherchons dans la colonne des distances focales le nombre 30 centimètres ; sur la même ligne horizontale nous trouvons $\frac{1}{6}$ dans la colonne *i* : nous devons donc nous reporter aux courbes *i* du graphique (*fig. 333*). En parcourant la ligne horizontale du graphique correspondant à la distance de 7 mètres à compter verticalement, nous rencontrons les courbes *i* en des points qui donnent pour les profondeurs postérieure et antérieure 0m63 et 0m57.

Les rapports de clarté, marqués d'une astérisque dans le tableau, indiquent que pour ces chiffres les courbes donnent des résultats exacts. Par exemple, dans la colonne *h*, le rapport de clarté $\frac{1}{5}$ correspondant à un foyer de 30 centimètres est marqué de ce signe ; ceci veut dire que la courbe *h* a été tracée en supposant que l'objectif avait 30 centimètres de foyer et que son rapport de clarté était égal à $\frac{1}{5}$. Cette courbe *h* represente donc *exactement* les variation des foyers. Lorsqu'on est appelé à considérer la courbe *h* dans d'autres circonstances, on n'obtient que des résultats approximatifs mais d'une exactitude bien suffisante si on considère que les profondeurs de foyer dépendent de la netteté des images : cette netteté, nous venons de le voir, est un élément nécessairement incertain et varie suivant la distance à laquelle on examine les images.

C'est pour ce motif que plusieurs auteurs admettent qu'en pratique la profondeur de foyer antérieure est égale à la profondeur postérieure, la profondeur totale étant le double de l'une d'elles. Il est inutile de considérer ces divers éléments dans le cas des objectifs à portraits.

Dallmeyer a calculé le tableau **171 — B** indiquant les profondeurs postérieures du point sur lequel on a mis au foyer : ces profondeurs ne s'appliquent qu'au centre de la plaque ou de l'image. Pour avoir les meilleurs résultats, les objets latéraux doivent être rapprochés de l'objectif et les objets centraux doivent s'en trouver plus éloignés, c'est-à-dire qu'on doit

**171 — B**

| DISTANCE FOCALE PRINCIPALE | RAPPORTS DE CLARTÉ | TEMPS DE POSE RELATIFS | DISTANCE DE L'OBJET EN MÈTRES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 3.047 | 3.656 | 4.266 | 4.875 | 5.485 | 6.094 | 7.313 |
| | | | PROFONDEUR DE FOYER EN ARRIÈRE DE L'OBJET SUR LEQUEL S'EST FAITE LA MISE AU POINT | | | | | | |
| 0.152 | 1/2 | 4 | 0.177 | 0.278 | 0.405 | 0.531 | 0.708 | 0.885 | 1.316 |
| | 1/3 | 9 | 0.304 | 0.455 | 0.632 | 0.869 | 1 088 | 1.442 | 2.201 |
| | 1/4 | 16 | 0.405 | 0.607 | 0.835 | 1.214 | 1.569 | 1.923 | 2.935 |
| | 1/5 | 25 | 0.430 | 0.759 | 1.063 | 1.442 | 1.796 | 2.403 | 3.668 |
| | 1/6 | 36 | 0.607 | 0.911 | 1.265 | 1.720 | 2.176 | 2.884 | 4.402 |
| | 1/7 | 49 | 0.708 | 1.063 | 1.467 | 1.999 | 2.530 | 3.365 | 5.136 |
| | 1/10 | 100 | 1.012 | 1.518 | 2.100 | 2.859 | 3.648 | 4.807 | 7.337 |
| 0.223 | 1/2 | 4 | 0.076 | 0.114 | 0.164 | 0.202 | 0.278 | 0.534 | 0.506 |
| | 1/3 | 9 | 0.101 | 0.177 | 0.253 | 0.329 | 0.480 | 0.531 | 0.810 |
| | 1/4 | 16 | 0.126 | 0 228 | 0.329 | 0.430 | 0.582 | 0.708 | 1.088 |
| | 1/5 | 25 | 0.177 | 0 304 | 0.430 | 0.557 | 0.708 | 0.885 | 1.341 |
| | 1/6 | 36 | 0.202 | 0.354 | 0.506 | 0.658 | 0.860 | 1.063 | 1.619 |
| | 1/7 | 49 | 0.228 | 0.405 | 0.582 | 0.759 | 0.987 | 1.240 | 1.872 |
| | 1/10 | 100 | 0.329 | 0.582 | 0.835 | 1.088 | 1.417 | 1.771 | 2.682 |
| 0.304 | 1/3 | 9 | 0.063 | 0.114 | 0.133 | 0.177 | 0.228 | 0.304 | 0.430 |
| | 1/4 | 16 | 0.076 | 0.126 | 0.177 | 0.228 | 0.304 | 0.405 | 0.582 |
| | 1/5 | 25 | 0.088 | 0.177 | 0.202 | 0.304 | 0.379 | 0.506 | 0.708 |
| | 1/6 | 36 | 0.101 | 0.202 | 0.253 | 0.354 | 0.455 | 0.607 | 0.860 |
| | 1/7 | 49 | 0.126 | 0.228 | 0.304 | 0.405 | 0.531 | 0.708 | 1.012 |
| | 1/10 | 100 | 0.177 | 0.329 | 0.430 | 0.582 | 0.759 | 1.012 | 1.417 |
| 0.379 | 1/3 | 9 | 0.038 | 0.057 | 0.082 | 0.107 | 0.171 | 0.177 | 0.253 |
| | 1/4 | 16 | 0.051 | 0.076 | 0.101 | 0.126 | 0.202 | 0.228 | 0.329 |
| | 1/5 | 25 | 0.063 | 0.082 | 0.126 | 0.177 | 0.253 | 0.304 | 0 405 |
| | 1/6 | 36 | 0.076 | 0.114 | 0.152 | 0.202 | 0.304 | 0.354 | 0.506 |
| | 1/7 | 49 | 0.038 | 0.117 | 0.177 | 0.228 | 0.354 | 0.405 | 0.658 |
| | 1/10 | 100 | 0.126 | 0.168 | 0.253 | 0.329 | 0.506 | 0.582 | 0.835 |
| 0.455 | 1/4 | 16 | 0.032 | 0.051 | 0.073 | 0.098 | 0.126 | 0.158 | 0.234 |
| | 1/5 | 25 | 0 038 | 0.063 | 0.092 | 0.123 | 0.158 | 0.202 | 0 297 |
| | 1/6 | 39 | 0.047 | 0.076 | 0.107 | 0.145 | 0.190 | 0.237 | 0.354 |
| | 1/7 | 49 | 0.057 | 0.088 | 0.126 | 0.171 | 0.221 | 0.278 | 0.411 |
| | 1/10 | 100 | 0.079 | 0.126 | 0.180 | 0.247 | 0.316 | 0.405 | 0.588 |
| 0.531 | 1/4 | 16 | 0.025 | 0.032 | 0.051 | 0.067 | 0.073 | 0.101 | 0.168 |
| | 1/5 | 25 | 0.032 | 0.041 | 0.063 | 0.082 | 0.088 | 0.126 | 0.209 |
| | 1/6 | 36 | 0.038 | 0.051 | 0.076 | 0.101 | 0.107 | 0.152 | 0.253 |
| | 1/7 | 49 | 0.044 | 0.057 | 0.088 | 0.117 | 0.126 | 0.177 | 0.294 |
| | 1/10 | 100 | 0.063 | 0.082 | 0.126 | 0.168 | 0.180 | 0.253 | 0.421 |
| 0.607 | 1/4 | 16 | 0.016 | 0.025 | 0.038 | 0.041 | 0.063 | 0.082 | 0.126 |
| | 1/5 | 25 | 0.019 | 0.032 | 0.047 | 0.054 | 0.079 | 0.101 | 0.158 |
| | 1/6 | 36 | 0.022 | 0.038 | 0.057 | 0.063 | 0.095 | 0.126 | 0.190 |
| | 1/7 | 49 | 0.025 | 0.044 | 0.067 | 0.076 | 0.110 | 0.145 | 0.221 |
| | 1/10 | 100 | 0.038 | 0.063 | 0.095 | 0.104 | 0.158 | 0.205 | 0.316 |

les disposer sur une ligne courbe, suivant la courbure de champ produite par l'objectif.

Supposons que l'on se serve de l'objectif 1B de Dallmeyer dont le foyer est 0m15, muni d'un diaphragme de 0m05. Le rapport de clarté est $\frac{1}{3}$ : le modèle est placé à la distance de 3m656 : c'est sur un objet placé à cette distance que s'est effectuée la mise au point. On demande la profondeur de foyer en arrière de ce point.

Nous trouvons dans la colonne des distances focales principales 0m152, dans les rapports de clarté $\frac{1}{3}$ dans la colonne verticale indiquant la distance de l'objet en mètres 3m656, nous trouvons sur la même horizontale que $\frac{1}{3}$ 0m455 pour la profondeur de foyer cherchée. — Si ce même objectif était employé avec un diaphragme de 0m025, le rapport de clarté serait $\frac{1}{6}$, et dans les conditions précédentes, la profondeur de foyer serait 0m911. Les temps de pose seraient 9 dans le premier cas, 36 dans le second.

Le tableau précédent est calculé en supposant que le diamètre du cercle de confusion est égal à 0m00025 = $\frac{1}{100}$ de pouce anglais; ceci est suffisant si les épreuves sont examinées à la distance moyenne d'environ 0m35. Mais si les épreuves sont très petites, elles sont en général examinées à une distance inférieure à 0m35 et, dans ce cas, le cercle de diffusion toléré doit avoir un diamètre plus petit. Au contraire, s'il s'agit d'épreuves de grandes dimensions, épreuves que l'on regarde à une distance de 1 mètre à 2 mètres, le cercle de diffusion toléré peut avoir un diamètre beaucoup plus grand sans que l'observateur cesse de percevoir *nettement* les détails de l'image.

La *netteté* est donc relative. Il serait utile de s'entendre pour savoir ce que l'on doit entendre par *image nette*. Nous avons formulé notre opinion à ce sujet (**41**), en tant que netteté à demander aux objectifs de foyer moyen (de 0m20 à 0m40).

Les divers tableaux précédents montrent que la profondeur de foyer diminue rapidement quand le foyer s'allonge ou que la grandeur de l'image augmente. C'est ainsi que, pour un objectif de 0m60 de foyer possédant à toute ouverture un rapport de clarté égal à $\frac{1}{4}$, la profondeur de foyer a 3m656 n'est que 0m025 et la profondeur totale est sensiblement 0m050, profondeur de foyer insuffisante pour obtenir un portrait. Ceci montre pourquoi les grandes épreuves sont toujours inférieures aux petites comme netteté et pourquoi il est utile d'employer un objectif de foyer *aussi court* que le comporte la dimension de la plaque employée si l'on veut obtenir rapidement des images possédant une grande profondeur de foyer.

On voit donc que les diaphragmes judicieusement employés sont d'une très grande utilité pour le photographe; mais il ne faudrait pas croire qu'ils puissent corriger tous les défauts inhérents à un objectif. On peut dire que *le meilleur objectif est celui qui opère avec le plus grand diaphragme*[1].

1. Dallmeyer, *Du choix et de l'emploi des objectifs photographiques.*

**172. Dimensions des lignes et des surfaces conjuguées.** — Les tableaux précédents montrent qu'à partir d'une certaine distance la profondeur de foyer varie fort peu. Il est important d'examiner comment varient les dimensions de l'image. Une ligne droite de longueur O située dans un plan focal déterminé a pour image une droite de longueur I situé dans le plan focal conjugué du premier. Désignons par $p$ la distance de l'objet à l'objectif, $p'$ la distance de l'objectif à l'écran, $f$ le foyer de l'objectif; il est facile de voir que

$$\frac{O}{I} = \frac{p}{p'} = \frac{f}{p'-f} = \frac{p-f}{f}.$$

Pour un objet placé à une distance infinie l'image est nulle; l'objet se rapprochant de l'objectif, son image grandit, et pour $p = 2f$ l'image est égale à l'objet. L'objet se rapprochant davantage de l'objectif, l'image devient plus grande que l'objet, et pour $p = f$ elle est infiniment grande et infiniment éloignée.

De là résulte que les objectifs photographiques ne peuvent être employés que pour $p > f$. Le rapport $\frac{O}{I}$ est positif, l'image est toujours réelle.

Remarquons ici que nous devons entendre par distance d'un *point-objet* à un objectif la distance de ce point-objet au *point nodal d'incidence*, et par distance d'un *point-image* à un objectif, la distance de ce point-image au *point nodal d'émergence*.

Une surface S contenue dans un plan focal déterminé a pour image une surface S′ contenue dans le plan focal conjugué du premier. Désignons par O la longueur d'une droite tracée dans la surface S, I la longueur de son image: on aura

$$\frac{S}{S'} = \left(\frac{O}{I}\right)^2 = \left(\frac{f}{p'-f}\right)^2 = \left(\frac{p-f}{f}\right)^2.$$

Ces diverses relations permettent d'obtenir la valeur du rapport $\frac{O}{I}$ en fonction de $f$ et de $p$ ou de $p'$; elles permettent aussi de résoudre le problème inverse et de trouver les valeurs de $p$ et de $p'$ en fonction de $f$ et du rapport $\frac{O}{I}$. Des relations précédentes, on déduit

$$p = f\left(1 + \frac{O}{I}\right) \qquad p' = f\left(1 + \frac{I}{O}\right).$$

En pratique, l'on a toujours besoin de connaître les valeurs des quantités $p$ et $p'$. Ces quantités indiquent à l'opérateur la distance à laquelle il doit placer le modèle de l'objectif pour avoir une image d'une grandeur déterminée et la longueur du tirage de la chambre noire pour que l'objectif soit agrandi un certain nombre de fois.

Secretan[1] a calculé le tableau **172—A** donnant les valeurs de $p$ et de $p'$ en fonction des quantités dont elles dépendent : ce tableau permet d'éviter le petit calcul nécessaire pour chaque cas particulier.

Pour se servir de ce tableau, on considère la ligne horizontale correspondant à la distance focale principale de l'objectif que l'on emploie; puis on cherche dans la colonne en tête de laquelle est inscrite la valeur donnée du rapport $\frac{O}{I}$. A l'intersection de la ligne et de la colonne, on trouve deux nombres. Le nombre supérieur indique la distance $p$ de l'objet à l'objectif, et le nombre inférieur donne la distance $p'$ de l'image à l'objectif.

Les distances $p$ et $p'$ étant proportionnelles à $f$, une opération approchée peut donner les valeurs de $p$ et de $p'$ pour les distances focales principales qui ne sont pas indiquées dans le tableau. Supposons, par exemple, que l'on se serve d'un objectif de $0^m43$ de foyer : on veut, avec cet instrument, obtenir une image qui soit le tiers de l'objet; on désire connaître les distances de l'objet et de l'image à l'objectif. On prendra les nombres 0,40 et 0,50 entre lesquels est comprise la distance focale de l'objectif. Pour un accroissement de $0^m10$ dans la distance focale, la distance de l'objet à l'objectif s'accroît de $0^m40$ (différence entre $2^m00$ et $1^m60$). Pour $0^m01$ d'augmentation dans la distance focale, l'accroissement sera $0^m04$, et pour $0^m03$ elle sera $0^m04 \times 3 = 0^m12$; donc, pour $0^m43$ de longueur focale, la distance de l'objet à l'objectif sera $1^m60 + 0^m12 = 1^m72$.

La distance de l'image à l'objectif est $0^m53$ pour un objectif dont la longueur focale est $0^m40$; elle est $0^m67$ pour l'objectif de $0^m50$ de foyer. Il y a donc un accroissement égal à $0^m67 - 0^m53 = 0^m14$ pour une augmentation de $0^m10$ dans la longueur focale, soit $0^m014$ par centimètre d'augmentation; donc, pour $0^m03$ de plus dans la longueur focale, il y aura $0^m042$, soit $0^m572$ pour distance de l'image à l'objectif.

**173. Emploi d'un graphique.** — Afin de montrer d'une manière continue comment varient les distances focales conjuguées avec le rapport $\frac{O}{I}$ et la distance focale principale de l'objectif, M. de la Baume-Pluvinel use d'un graphique (*fig. 334*). Pour se servir de ce graphique, on considère la ligne horizontale correspondant à la distance focale principale de l'objectif que l'on emploie; on parcourt cette ligne de gauche à droite jusqu'à ce que l'on rencontre la première oblique, à la base de laquelle figure la valeur donnée du rapport $\frac{O}{I}$. Le point d'intersection de la ligne horizontale et de cette oblique indique la position que doit occuper l'objet par rapport à l'objectif, qui est supposé se trouver sur la ligne verticale passant par le zéro. Donc, en mesurant sur l'échelle qui se trouve à la

1. *De la distance focale des systèmes optiques convergents*, 1855.

**172 — A**

| | 1/1 | 1/2 | 1/3 | 1/4 | 1/5 | 1/6 | 1/7 | 1/8 | 1/9 | 1/10 | 1/15 | 1/20 | 1/25 | 1/30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,60 | 2,10 | 2,60 | 3,10 |
| | 0,20 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 |
| 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,75 | 0,90 | 1,05 | 1,20 | 1,35 | 1,50 | 1,65 | 2,40 | 3,15 | 3,90 | 4,65 |
| | 0,30 | 0,23 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 2,00 | 2,20 | 3,20 | 4,20 | 5,20 | 6,20 |
| | 0,40 | 0,30 | 0,27 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 4,00 | 5,25 | 6,50 | 7,75 |
| | 0,50 | 0,38 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 2,29 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 0,30 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | 2,10 | 2,40 | 2,70 | 3,00 | 3,30 | 4,80 | 6,30 | 7,80 | 9,30 |
| | 0,60 | 0,45 | 0,40 | 0,38 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 |
| 0,35 | 0,70 | 1,05 | 1,40 | 1,75 | 2,10 | 2,45 | 2,80 | 3,15 | 3,50 | 3,85 | 5,60 | 7,35 | 9,10 | 10,85 |
| | 0,70 | 0,53 | 0,47 | 0,44 | 0,42 | 0,41 | 0,40 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 |
| 0,40 | 0,80 | 1,20 | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 2,80 | 3,20 | 3,60 | 4,00 | 4,40 | 6,40 | 8,40 | 10,40 | 12,40 |
| | 0,80 | 0,60 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,47 | 6,40 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,41 |
| 0,45 | 0,90 | 1,35 | 1,80 | 2,25 | 2,70 | 3,15 | 3,60 | 4,05 | 4,50 | 4,95 | 7,20 | 9,45 | 11,70 | 13,95 |
| | 0,90 | 0,68 | 0,60 | 0,56 | 0,54 | 0,53 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 8,00 | 10,50 | 13,00 | 15,50 |
| | 1,00 | 0,75 | 0,67 | 0,63 | 0,60 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,55 | 0,55 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 |
| 0,55 | 1,10 | 1,65 | 2,20 | 2,75 | 3,30 | 3,85 | 4,40 | 4,95 | 5,50 | 6,05 | 8,80 | 11,55 | 14,30 | 17,05 |
| | 1,10 | 0,83 | 0,73 | 0,69 | 0,66 | 0,44 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | 0,61 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0,57 |
| 0,60 | 1,20 | 1,80 | 2,40 | 3,00 | 3,60 | 4,20 | 4,80 | 5,40 | 6,00 | 6,60 | 9,60 | 12,60 | 15 60 | 18,60 |
| | 1,20 | 0,90 | 0,80 | 0,75 | 0,72 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,62 |
| 0,65 | 1,30 | 1,95 | 2,60 | 3,25 | 3,90 | 4,55 | 5,20 | 5,85 | 6,50 | 7,15 | 10,40 | 13,65 | 16,90 | 20,15 |
| | 1,30 | 0,98 | 0,87 | 0,81 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,67 |
| 0,70 | 1,40 | 2,10 | 2,80 | 3,50 | 4,20 | 4,90 | 5,60 | 6,30 | 7,00 | 7,70 | 11,20 | 14,70 | 18,20 | 21,70 |
| | 1,40 | 1,05 | 0,93 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,80 | 0,79 | 0,77 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,72 |
| 0,75 | 1,50 | 2,25 | 3,00 | 3,75 | 4,50 | 5,25 | 6,00 | 6,75 | 7,50 | 8,25 | 12,00 | 15,75 | 19,50 | 23,25 |
| | 1,50 | 1,13 | 1,00 | 0,94 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,83 | 0,83 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| 0,80 | 1,60 | 2,40 | 3,30 | 4,00 | 4,80 | 5,60 | 6,40 | 7,20 | 8,00 | 8,80 | 12,80 | 16,80 | 20,80 | 24,80 |
| | 1,60 | 1,20 | 1,07 | 1,00 | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,88 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,83 |
| 0,85 | 1,70 | 2,55 | 3,40 | 4,25 | 5,10 | 5,95 | 6,80 | 7,65 | 8,50 | 9,35 | 13,60 | 17,85 | 22,10 | 26,35 |
| | 1,70 | 1,28 | 1,13 | 1,06 | 1,02 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,94 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,88 |
| 0,90 | 1,80 | 2,70 | 3,60 | 4,50 | 5,40 | 6,30 | 7,20 | 8,10 | 9,00 | 9,90 | 14,40 | 18,90 | 23,40 | 27,90 |
| | 1,80 | 1,35 | 1,20 | 1,12 | 1,08 | 1,05 | 1,03 | 1,01 | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 |
| 0,95 | 1,90 | 2,85 | 3,80 | 4,75 | 5,70 | 6,65 | 7,60 | 8,55 | 9,50 | 10,45 | 15,20 | 19,95 | 24,70 | 29,45 |
| | 1,90 | 1,43 | 1,27 | 1,19 | 1,14 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,05 | 1,05 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,98 |
| 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 11,00 | 16,00 | 21,00 | 26,00 | 31,00 |
| | 2,00 | 1,50 | 1,33 | 1,25 | 1,20 | 1,17 | 1,14 | 1,15 | 1,10 | 1,10 | 1,07 | 1,05 | 1,04 | 1,03 |

| | 1/40 | 1/50 | 1/60 | 1/70 | 1/80 | 1/90 | 1/100 | 1/120 | 1/140 | 1/160 | 1/180 | 1/200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 4,10<br>0,10 | 5,10<br>0,10 | 6,10<br>0,10 | 7,10<br>0,10 | 8,10<br>0,10 | 9,10<br>0,10 | 10,10<br>0,10 | 12,10<br>0,10 | 14,10<br>0,10 | 16,10<br>0,10 | 18,10<br>0,10 | 20,10<br>0,10 |
| 0,15 | 6,15<br>0,15 | 7,65<br>0,15 | 9,15<br>0,15 | 10,65<br>0,15 | 12,15<br>0,15 | 13,65<br>0,15 | 15,15<br>0,15 | 18,15<br>0,15 | 21,15<br>0,15 | 24,15<br>0,15 | 27,15<br>0,15 | 30,15<br>0,15 |
| 0,20 | 8,20<br>0,21 | 10,20<br>0,20 | 12,20<br>0,20 | 14,20<br>0,20 | 16,20<br>0,20 | 18,20<br>0,20 | 20,20<br>0,20 | 24,20<br>0,20 | 28,20<br>0,20 | 32,20<br>0,20 | 36,20<br>0,20 | 40,20<br>0,20 |
| 0,25 | 10,25<br>0,26 | 12,75<br>0,26 | 15,25<br>0,25 | 17,75<br>0,25 | 20,25<br>0,25 | 22,75<br>0,25 | 25,25<br>0,25 | 30,25<br>0,25 | 35,25<br>0,25 | 40,25<br>0,25 | 45,25<br>0,25 | 50,25<br>0,25 |
| 0,30 | 12,30<br>0,31 | 15,30<br>0,31 | 18,30<br>0,31 | 21,30<br>0,30 | 24,30<br>0,30 | 27,30<br>0,30 | 30,30<br>0,30 | 36,30<br>0,30 | 42,30<br>0,30 | 48,30<br>0,30 | 54,30<br>0,30 | 60,30<br>0,30 |
| 0,35 | 14,35<br>0,36 | 17,85<br>0,36 | 21,35<br>0,36 | 24,85<br>0,36 | 28,35<br>0,35 | 31,85<br>0,35 | 35,35<br>0,35 | 42,35<br>0,35 | 49,35<br>0,35 | 56,35<br>0,35 | 63,35<br>0,35 | 70,35<br>0,35 |
| 0,40 | 16,40<br>0,41 | 20,40<br>0,41 | 24,40<br>0,41 | 28,40<br>0,41 | 32,40<br>0,41 | 36,40<br>0,40 | 40,40<br>0,40 | 48,40<br>0,40 | 56,40<br>0,40 | 64,40<br>0,40 | 72,40<br>0,40 | 80,40<br>0,40 |
| 0,45 | 18,45<br>0,46 | 22,95<br>0,46 | 27,45<br>0,46 | 31,95<br>0,46 | 36,45<br>0,46 | 40,95<br>0,46 | 45,45<br>0,45 | 54,45<br>0,45 | 63,45<br>0,45 | 72,45<br>0,45 | 81,45<br>0,45 | 90,45<br>0,45 |
| 0,50 | 20,50<br>0,51 | 25,50<br>0,51 | 30,50<br>0,51 | 35,50<br>0,51 | 40,50<br>0,51 | 45,50<br>0,51 | 50,50<br>0,51 | 60,50<br>0,50 | 70,50<br>0,50 | 80,50<br>0,50 | 90,50<br>0,50 | 100,50<br>0,50 |
| 0,55 | 22,55<br>0,56 | 28,05<br>0,56 | 33,55<br>0,56 | 39,05<br>0,56 | 44,55<br>0,56 | 50,05<br>0,56 | 55,55<br>0,56 | 66,55<br>0,55 | 77,55<br>0,55 | 88,55<br>0,55 | 99,55<br>0,55 | 110,55<br>0,55 |
| 0,60 | 24,60<br>0,62 | 30,60<br>0,61 | 36,60<br>0,61 | 42,60<br>0,61 | 48,60<br>0,61 | 54,60<br>0,61 | 60,60<br>0,61 | 72,60<br>0,61 | 84,60<br>0,60 | 96,60<br>0,60 | 108,60<br>0,60 | 120,60<br>0,60 |
| 0,65 | 26,65<br>0,67 | 33,15<br>0,66 | 39,65<br>0,66 | 46,15<br>0,66 | 52,65<br>0,66 | 59,15<br>0,66 | 65,65<br>0,66 | 78,65<br>0,66 | 91,65<br>0,65 | 104,65<br>0,65 | 117,65<br>0,65 | 130,65<br>0,65 |
| 0,70 | 28,70<br>0,72 | 35,70<br>0,71 | 42,70<br>0,71 | 49,70<br>0,71 | 56,70<br>0,71 | 63,70<br>0,71 | 70,70<br>0,71 | 84,70<br>0,71 | 98,70<br>0,71 | 112,70<br>0,70 | 126,70<br>0,70 | 140,70<br>0,70 |
| 0,75 | 30,75<br>0,77 | 38,25<br>0,77 | 45,75<br>0,76 | 53,25<br>0,76 | 60,75<br>0,76 | 68,25<br>0,76 | 75,75<br>0,76 | 90,75<br>0,76 | 105,75<br>0,76 | 120,75<br>0,75 | 135,75<br>0,75 | 150,75<br>0,75 |
| 0,80 | 32,80<br>0,82 | 40,80<br>0,82 | 48,80<br>0,81 | 56,80<br>0,81 | 64,80<br>0,81 | 72,80<br>0,81 | 80,80<br>0,81 | 96,80<br>0,81 | 112,80<br>0,81 | 128,80<br>0,81 | 144,80<br>0,80 | 160,80<br>0,80 |
| 0,85 | 34,85<br>0,87 | 43,35<br>0,87 | 51,85<br>0,86 | 60,35<br>0,86 | 68,85<br>0,86 | 77,35<br>0,86 | 85,85<br>0,86 | 102,85<br>0,86 | 119,85<br>0,86 | 136,85<br>0,86 | 153,85<br>0,85 | 170,85<br>0,85 |
| 0,90 | 36,90<br>0,92 | 45,90<br>0,92 | 54,90<br>0,92 | 63,90<br>0,91 | 72,90<br>0,91 | 81,90<br>0,91 | 90,90<br>0,91 | 108,90<br>0,91 | 126,90<br>0,91 | 144,90<br>0,91 | 162,90<br>0,91 | 180,90<br>0,90 |
| 0,95 | 38,95<br>0,97 | 48,45<br>0,97 | 57,95<br>0,97 | 67,45<br>0,97 | 76,95<br>0,97 | 86,45<br>0,96 | 95,95<br>0,96 | 114,95<br>0,96 | 133,95<br>0,96 | 152,95<br>0,96 | 171,95<br>0,95 | 190,95<br>1,15 |
| 1,00 | 41,00<br>1,03 | 51,00<br>1,02 | 61,00<br>1,02 | 71,00<br>1,01 | 81,00<br>1,01 | 91,00<br>1,01 | 101,00<br>1,01 | 121,00<br>1,01 | 141,00<br>1,01 | 161,00<br>1,01 | 181,00<br>1,01 | 201,00<br>1,01 |

partie supérieure gauche de la table la distance du point d'intersection à la verticale, on obtient la distance du point-objet à l'objectif. De même, si on continue à parcourir la ligne horizontale jusqu'à sa rencontre avec la deuxième oblique, à la base de laquelle figure la valeur donnée du rapport $\frac{O}{I}$, le point d'intersection de la ligne horizontale avec cette oblique indique la position du point-image. Donc, en mesurant sur l'échelle qui se

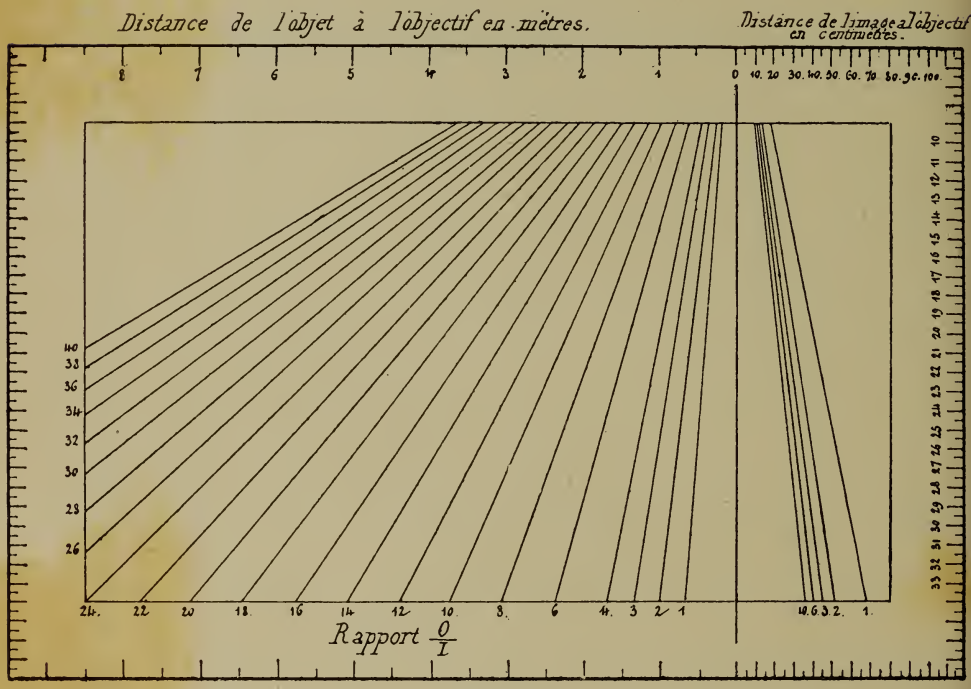



Fig. 334.

trouve à la partie supérieure droite de la table la distance du point d'intersection à la verticale passant par le zéro, on obtient la distance du point-image à l'objectif.

Si la valeur donnée du rapport $\frac{O}{I}$ était plus petite que l'unité, il faudrait considérer l'inverse de ce rapport et lire comme si l'image était l'objet et comme si l'objet était l'image. Supposons, par exemple, que l'on veuille obtenir, à l'aide d'un objectif de 0m11 de foyer, une image huit fois plus grande que l'objet, cherchons quelles doivent être les distances de l'objet et de l'image à l'objectif. Le rapport $\frac{O}{I}$ étant plus petit que l'unité, nous prenons son inverse 8. Considérons la ligne horizontale correspondant à un objectif de 0m11 de foyer : cette ligne rencontre la première oblique 8 en un point situé à 0m99 de la verticale passant par le zéro. Donc, la distance

de l'image agrandie de l'objectif doit être de $0^{m}99$. Sur la même ligne horizontale à droite du zéro, nous rencontrons l'oblique 6 à $0^{m}13$ de la verticale et l'oblique 10 à $0^{m}12$ de cette verticale. On peut donc admettre que l'oblique intermédiaire 8 serait rencontrée en un point distant de $0^{m}125$ de la verticale. Donc, la distance de l'objet à l'objectif doit être de $0^{m}125$.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Consulter les ouvrages indiqués chapitre V et chapitre VII.

---

# CHAPITRE VI

## USAGE DES OBJECTIFS ET DE LA CHAMBRE NOIRE.

### § 1. — CHOIX DES OBJECTIFS.

**174**. Le choix d'un objectif dépend du genre d'image que l'on veut produire et du format de la plaque que l'on désire employer. Les formats de plaques photographiques sont fort nombreux. Le Congrès international de photographie de 1889 a décidé que ces formats devaient dériver de la plaque mesurant $18 \times 24$ centimètres. Il admet donc que l'on se servira de formats présentant en centimètres les dimensions suivantes :

$$48 \times 36 \quad 36 \times 24 \quad 24 \times 18 \quad 18 \times 12 \quad 12 \times 9 .$$

On pourra toutefois se servir des divers formats dérivant du $48 \times 36$ sans trop de pertes. Les côtés de ces divers formats sont dans le rapport de $\frac{3}{4}$ pour une même plaque. Ces proportions sont assez généralement gardées par les artistes.

Pour le format des épreuves destinées aux projections, le Congrès a admis la dimension de $0^m100 \times 0^m08$.

Les dimensions de la plaque sont fixées pour le photographe professionnel d'après les demandes du public : il doit se laisser guider par de simples considérations commerciales. Il n'en est plus de même pour l'amateur. Nous ne croyons pas que ce dernier puisse dépasser $18 \times 24$ pour les travaux exécutés au dehors, car le transport d'un matériel destiné à des plaques de plus grande dimension entraîne avec lui une foule d'inconvénients.

Après avoir arrêté la dimension de la plaque sur laquelle on veut opérer, il s'agira de décider le genre de photographie que l'on désire obtenir. On peut faire des portraits, des groupes, des paysages, des

vues d'architecture, des reproductions de cartes, etc. Chacun de ces genres de photographie nécessite le choix d'un objectif convenable.

**175. Portraits.** — Nous avons vu **(172)** qu'en rapprochant ou éloignant le modèle de l'objectif on pouvait faire varier la grandeur de l'image. Les distances les plus convenables entre le sujet et l'objectif sont comprises entre $3^m70$ et $7^m50$. En général, on opère à une distance moyenne de 5 à 6 mètres du modèle. Dans ces conditions, la distance focale principale de l'objectif à portraits (système Petzval) devra être égale à deux fois le plus grand côté de l'épreuve que l'on veut obtenir. Par exemple, pour une image de la dimension carte-album, $0^m10 \times 0^m14$, le foyer de l'objectif devra être de $0^m28$ à $0^m30$.

La distance focale étant déterminée, on doit se préoccuper de la *clarté* de l'objectif. On sait, en effet, que le coefficient de clarté $\frac{1}{C}$ est un facteur important du temps de pose. Il ne faut pas cependant oublier que les objectifs réellement rapides ne peuvent produire de résultats satisfaisants que si on les emploie pour les petites dimensions de plaque; donc, pour ces petites dimensions (carte de visite, carte-album) on pourra employer des objectifs dont les rapports de clarté sont compris entre $\frac{1}{2.5}$ et $\frac{1}{4}$. Les objectifs-types de ce genre sont les objectifs de la série C et B de Dallmeyer, les extra-rapides d'Hermagis ou analogues et les objectifs à portraits construits récemment par M. Voigtlander: ces derniers instruments sont fabriqués avec de nouveaux verres dont l'emploi procure des avantages sérieux.

S'il s'agit d'obtenir des portraits de grande dimension, l'emploi des objectifs système Petzval n'est pas à recommander, parce que pour donner de bons résultats ces instruments doivent être fortement diaphragmés : leur rapport de clarté devient alors inférieur à celui des objectifs dont nous allons nous occuper.

L'emploi des objectifs de large diamètre est à rejeter. Brewster[1] a montré que ces appareils employés pour les portraits introduisent dans l'épreuve des parties du modèle que les deux yeux ne voient pas simultanément. Ces objectifs voient le modèle comme si l'observateur portait alternativement la tête à droite et à gauche.

Si les dimensions du portrait ne sont pas supérieures à $0^m24 \times 0^m36$,

1. *Société d'Edimbourg*, 12 décembre 1857.

on se servira avec avantage du nouvel euryscope à portrait de Voigtlander, dont le rapport de clarté est $\frac{1}{4}$ dans la série très rapide, ou $\frac{1}{4,5}$ dans la série rapide. Ces deux séries d'objectifs ayant été mises en vente depuis très peu de temps, nous n'avons pu indiquer leurs dimensions en traitant des divers objectifs.

Au lieu de ces euryscopes qui ne servent que pour le portrait, on pourra fort bien employer les rectilinéaires rapides (**77**), aplanétiques, aplanats (**78**), antiaplanats (**73**), et enfin les nouveaux euryscopes, ceux pour groupes et vues instantanées dont le rapport de clarté est $\frac{1}{5.6}$ et celui spécialement construit pour groupes dont le rapport de clarté est $\frac{1}{6}$. M. Voigtlander est le premier opticien qui ait utilisé pour la construction des objectifs à portraits les nouveaux verres dont dispose actuellement l'optique : il est certain qu'il sera suivi dans cette voie par d'autres constructeurs, car l'emploi de telles matières présente des avantages sérieux.

S'il s'agit d'obtenir des portraits de dimension égale ou supérieure à $0^m36 \times 0^m48$, on emploiera le rectilinéaire rapide ou aplanétique. Il suffit que la distance focale principale de l'aplanétique soit égale à la diagonale de l'image qu'on veut obtenir. Nous connaissons bon nombre d'excellents ateliers dans lesquels, sauf pour les portraits d'enfants, on n'emploie que des rectilinéaires rapides.

**176. Groupes.** — Il y a à distinguer si les groupes doivent être faits dans l'atelier ou bien s'ils doivent être obtenus en plein air. Dans l'atelier, on se servira soit des euryscopes nouveaux $\left(\text{rapport de clarté } \frac{1}{5,6}\right)$, soit des objectifs D de Dallmeyer, des universels $\left(\text{rapport de clarté } \frac{1}{6}\right)$, soit enfin du rectilinéaire rapide.

Pour photographier des groupes en plein air, on pourra employer les objectifs qui servent pour les paysages.

**177. Paysages.** — Il existe de nombreux objectifs spécialement construits pour paysages. Le choix à faire dépend : 1° du genre de paysage (il peut comporter des sujets animés ou non) ; 2° de l'angle du champ à embrasser.

Si l'on veut obtenir des photographies de paysages renfermant des sujets animés, le meilleur objectif est le « rapid landscape » de Dallmeyer. On prendra un objectif dont la distance focale principale sera le double de la longueur du plus petit côté de l'épreuve : ainsi, pour une plaque de $0^m18 \times 0^m24$, on prendra le « rapid landscape » de $0^m37$ de foyer (**51**). Si le paysage animé doit en même temps renfermer des monuments, on choisira le « rectilinear landscape », rectilinéaire pour vues (**52**), dont le foyer approchera le plus de la diagonale de la plaque.

S'il s'agit de photographier des sujets inanimés, on donnera la préférence à l'objectif simple grand angulaire (**50**). On choisira un objectif dont la distance focale sera égale à la dimension de la plaque choisie. Un tel objectif n'embrasse pas un angle exagéré, il est suffisant pour reproduire les premiers plans en même temps que les lointains. On examine généralement une photographie de telle sorte que la base de l'image correspond pour la vision à un angle de 50 à 60°. Cet angle ne doit pas être dépassé, sans cela l'effet obtenu diffère de celui que l'œil a l'habitude de percevoir, et bien que la perspective soit mathématiquement exacte si l'objectif est bien construit, le résultat paraît faux, à moins que l'on ne regarde l'image à une distance précisément égale à celle de la longueur focale de l'objectif qui l'a produite. Dans ce cas, la déformation apparente disparaît immédiatement; mais l'œil et la tête sont obligés de faire divers mouvements pour percevoir successivement toute l'image.

Dans quelques cas spéciaux, lorsque la distance du sujet à l'objectif est restreinte au point d'exclure l'emploi d'objectifs à plus long foyer, on pourra se servir du nouvel objectif simple grand angulaire de Voigtlander[1] ou bien des rectilinéaires grand angles, périgraphiques, pantoscopes, etc.

L'objectif simple est l'instrument préféré par les opérateurs qui s'occupent spécialement de la photographie des paysages. Cette préférence se comprend : l'objectif simple (qu'il soit à deux ou trois lentilles collées) n'a que *deux* surfaces réfléchissantes ; les images sont donc très brillantes. Lorsque l'objectif simple est bien construit, c'est à diaphragme égal $\left(\text{de } \frac{f}{20} \text{ à } \frac{f}{40}\right)$ celui de tous les objectifs qui produit l'image dont la netteté est uniformément répartie. Il est plus

1. *Deutsche Photographen Zeitung*, décembre 1888.

rapide que l'objectif double grand angulaire, qu'il surpasse en pratique comme égalité d'éclairage sur toute l'étendue de l'image.

A défaut d'objectif simple, on emploiera le rectilinéaire rapide et les divers objectifs employés soit pour l'architecture, soit pour les reproductions.

**178. Monuments.** — Pour obtenir des reproductions correctes de monuments, il est utile d'employer un objectif rectilinéaire. On donnera la préférence au rectilinéaire rapide, aplanétique, euryscope, etc. C'est l'objectif le plus convenable pour ce genre de travail, car il est exempt de distorsion et admet des diaphragmes relativement grands : ceci est avantageux pour les reproductions des intérieurs sombres, des instantanées, etc.

Le foyer du rectilinéaire dont on se servira le plus souvent devra avoir une longueur égale à la diagonale de la plaque adoptée. Indépendamment de cet objectif, il faut en avoir plusieurs autres. Lorsque l'on est placé très près d'un monument et qu'il est impossible de reculer l'appareil, les *pantoscopes* (**58**), panoramiques (**59**), périgraphiques (**60**), rectilinéaires grand angle (**61**), aplanétiques à grand angle (**62**), euryscopes grand-angulaires, deviennent indispensables. De tous ces objectifs, le pantoscope et le périgraphique sont ceux qui embrassent l'angle le plus considérable. Avec tous ces instruments, la chambre noire doit être parfaitement réglée et placée très exactement dans la position horizontale pour la mise en station, sans cela les droites verticales du monument sont reproduites comme lignes *droites non parallèles* aux marges de l'épreuve ; il n'y a pas déformation de lignes, mais il en résulte un effet faux, très choquant pour l'œil.

Il peut se faire que l'on soit indécis pour le choix d'un objectif à grand angle dans certaines conditions. La règle à suivre a été formulée par J.-H. Dallmeyer : donner toujours la préférence à l'objectif qui, avec le plus petit diamètre de lentille, admet le plus grand diaphragme (ou ce qui revient au même, le plus grand rapport de clarté) et embrasse le plus grand angle. Cette règle ne souffre pas d'exception ; elle devra guider dans le choix de l'objectif à employer.

**179. Reproduction de cartes, plans, etc.** — Le rectilinéaire rapide et les formes analogues constituent les meilleurs objectifs que l'on puisse employer pour les reproductions de cartes,

plans, etc. Les deux combinaisons qui constituent ces objectifs étant identiques, on peut, sans les retourner, les employer pour copier à grandeur égale, réduire, agrandir, etc. Ils sont préférables au triplet, parce qu'ils n'ont que quatre surfaces réfléchissantes au lieu de six; ils sont supérieurs à l'orthoscopique par l'absence de distorsion; à l'objectif globe, parce qu'ils sont *aplanétiques*, ce qui permet de les employer avec des diaphragmes relativement grands. Rappelons qu'un objectif est aplanétique pour un point lorsqu'il donne une image rigoureusement nette de ce point.

Deux excellentes et nouvelles formes d'objectifs, encore peu employées pour les reproductions de cartes, sont : 1° le rectilinéaire

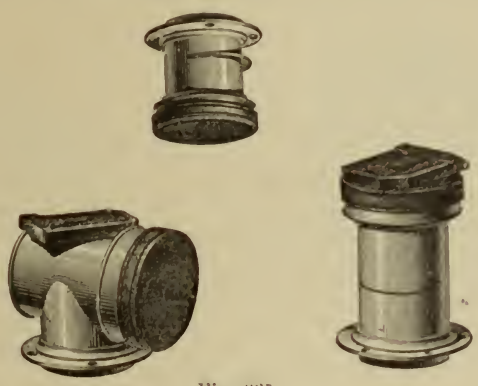


Fig. 335.

pour vues (**52**, *fig. 38*), de Dallmeyer : cet instrument donne des images très brillantes; 2° le nouvel euryscope grand angulaire pour reproductions, de Voigtlander : cet objectif possède des lentilles dont le diamètre est relativement faible.

Il y a avantage à réduire le diamètre des lentilles lorsque l'objectif doit être muni d'un prisme permettant d'obtenir un cliché retourné. Dans le but de diminuer le plus possible les dimensions de ce prisme, Steinheil a construit l'aplanat grand angulaire pour reproductions (**63**), appareil employé dans un très grand nombre d'ateliers. Dérogy a modifié la monture de l'aplanétique ordinaire (*fig. 335*) d'une manière très ingénieuse. La monture, au lieu d'être droite, est coudée à 45°, le prisme se place au contact du diaphragme dont le diamètre est notablement inférieur à celui de la lentille, ce qui permet de réduire d'autant les dimensions du prisme. Le prix de cet accessoire peut donc être diminué.

Dallmeyer et plusieurs autres opticiens emploient pour redresser l'image un miroir plan en verre argenté dont le plan fait un angle de 45° avec l'axe de l'objectif.

**180. Objectifs pour épreuves instantanées.** — La plupart des objectifs dont nous venons de faire l'énumération peuvent servir pour obtenir des photographies dites instantanées. Ce genre d'images peut comprendre des portraits dans l'atelier ou au dehors, des marines, des paysages, etc.; par suite, on peut utiliser un assez grand nombre d'objectifs. En général, on se sert des rectilinéaires rapides, euryscopes, antiplanats. Deux règles permettent de fixer le choix de l'objectif :

1° On choisira l'objectif qui avec le plus grand diaphragme embrasse le plus grand angle;

2° Toutes les fois que les circonstances (lumière, sensibilité de la plaque, etc.), permettent d'opérer avec des objectifs dont le rapport de clarté pourra être égal ou inférieur à $\frac{1}{20}$, on donnera la préférence aux objectifs simples et en particulier au simple rectilinéaire (**52**), si la rectitude des lignes est une condition imposée.

La première règle montre que l'on doit employer un objectif de foyer aussi court que le comporte la dimension d'épreuve à obtenir. Nous verrons plus loin que cette condition s'accorde avec la profondeur de foyer, la netteté relative de l'image, etc. D'habitude, pour avoir des épreuves instantanées bien nettes, on recherche l'emploi d'objectifs à long foyer : c'est là une erreur. Ce genre d'épreuves exige deux conditions antagonistes : une grande *clarté* et une grande étendue ou *profondeur* du champ (**153**). Si l'on a à choisir entre plusieurs objectifs, on mesurera leurs clartés par la méthode de M. de la Baume-Pluvinel, on déterminera l'angle du champ utile, et l'on multipliera ces deux nombres pour chaque objectif. L'instrument le meilleur sera celui qui donnera le chiffre le plus élevé; en cas d'hésitation, on choisira l'objectif dont le foyer sera le plus court.

Hermagis [1] a insisté sur les soins à donner aux objectifs. Si les lentilles ne sont pas absolument propres, on dévisse les barillets, on trempe un chiffon dans un mélange par parties égales d'eau et d'alcool, et on en frotte légèrement chaque surface du verre. Quand la couche opaque est bien

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 92.

Fig. 336. — Fermée.

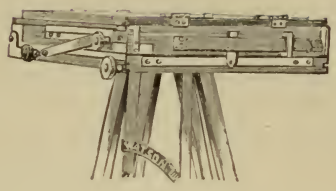


Fig. 337. — Sur pied.

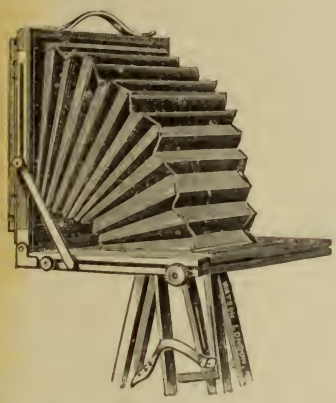


Fig. 338. — Prête à être montée

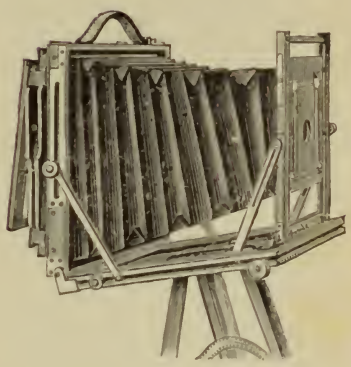


Fig. 339. — Montée.

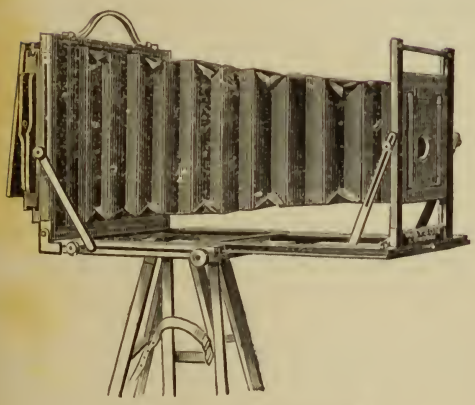


Fig 340. — Pour longs foyers.

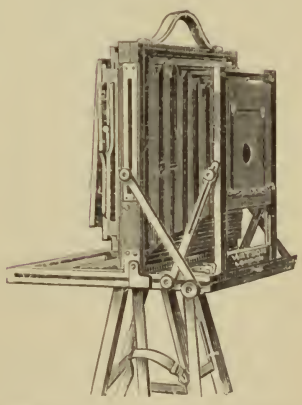


Fig. 341. — Pour courts foyers.

enlevée, on sèche les lentilles avec un second chiffon, puis avec le doigt ou la paume de la main, on y étend une petite quantité de graisse en frottant doucement; enfin, on essuie les lentilles au vif. On obtient ainsi un brillant durable (la graisse étant un isolant de l'humidité). Le nettoyage ainsi effectué est plus parfait que celui obtenu par l'emploi de l'alcool seul, car des impuretés que ce dernier n'enlève pas se détachent très bien avec un corps gras.

### § 2. — Emploi de la chambre noire.

**181. Choix de la chambre noire.** — La dimension de plaque étant déterminée, l'on choisira les objectifs qui doivent servir pour les divers travaux à effectuer. On peut diviser en deux catégories distinctes les travaux photographiques : 1° ceux qui s'effectuent dans l'atelier ; 2° ceux qui s'effectuent au dehors, en plein air. Pour les travaux d'atelier, les meilleurs modèles sont ceux représentés (*fig. 171, 173, 174*), s'il s'agit d'obtenir des portraits ; pour les épreuves de grande dimension, nous donnons la préférence aux modèles (*fig. 179* et *292*).

Pour le travail au dehors, les modèles à soufflet tournant (**107**), sont ceux qui peuvent être le plus facilement transportés. La nouvelle chambre noire, connue en Angleterre sous le nom de « The Acme » (*fig. 336* à *341*), est l'une de celles dont le volume est le plus réduit. Ces appareils, de même que les *chambres express* (*fig. 200* à *210*), permettent l'emploi d'objectifs de foyers très courts ou très longs. Il en est de même des nouvelles chambres récemment construites par M. Jonte. On ne peut donner sur le choix de la chambre noire de règles aussi précises que celles énoncées pour le choix des objectifs. Le poids, le volume, la forme extérieure, le prix, etc., de la chambre noire sont des facteurs qui interviennent très diversement dans le choix de cet appareil; on ne saurait rien dire qui puisse guider d'une manière certaine. On devra cependant choisir des chambres noires en bois verni, garnies de coins en cuivre dans les angles et dont les diverses pièces seront soigneusement collées et vissées. Le cadre dans lequel se fixe la planchette porte-objectif devra pouvoir s'élever ou s'abaisser dans tous les modèles de chambre noire (*fig. 342*).

**182. Emploi de la chambre noire dans l'atelier.** — Les travaux que l'on exécute dans l'atelier sont A), des portraits ; B), des reproductions.

A). La position de la chambre noire doit être choisie de telle sorte que la courbure du champ de l'objectif corresponde à la situation du modèle. Aucun objectif ne donne un champ parfaitement plat; mais on peut faire en sorte que les points de l'objet viennent former leur image en des points très voisins de la surface focale.

Supposons qu'il s'agisse d'obtenir un portrait-carte avec un objectif de 0m21 de foyer à la distance de 5m50 : le centre de l'objectif sera

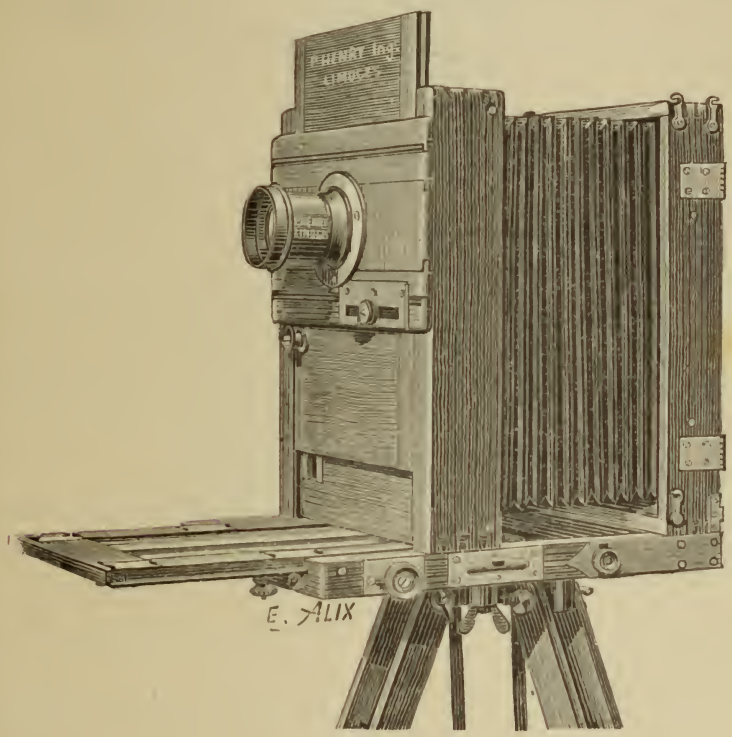



Fig. 342.

placé à 1m50 au-dessus du sol ; la planchette porte-objectif sera élevée de 0m025, on inclinera *très légèrement* la chambre noire en avant. Cette inclinaison est avantageuse, car on obtient une image plus naturelle de la figure : elle est préférable à la position horizontale de l'appareil, position dans laquelle le centre de l'objectif est plus rapproché du sol, ce qui produit l'effet de regarder en haut et donne une image qui n'est ni naturelle, ni agréable. L'objet occupant le centre de la plaque, on met au foyer en visant les yeux du modèle ;

on note la position de la glace dépolie (c'est pour cela qu'une chambre à base graduée est utile); on met ensuite au foyer un des points du modèle les plus rapprochés de l'objectif (chaîne de montre, par exemple); on divise ensuite en deux parties égales la distance qui sépare les deux positions de la glace dépolie, et c'est au point milieu que l'on fixe la glace : l'image qui en résulte offre une netteté bien égale sur toute sa surface.

Si l'on se sert d'objectifs de foyer plus court que $0^m21$, on pourra rapprocher du sol le centre de l'objectif : il pourra être à $1^m35$ ou $1^m40$ pour une distance focale principale de $0^m14$ à $0^m16$.

Pour un *portrait assis*, la chambre noire devra être placée plus bas que pour un portrait debout. L'emploi de la bascule est fort avantageux, indispensable même s'il s'agit de portraits d'un format supérieur à la dimension connu sous le nom de *carte-album*. La profondeur de foyer diminue rapidement avec l'augmentation de la longueur focale; or, dans un portrait assis, les pieds sont souvent de plus de $0^m60$ en avant de la figure, ce qui, pour un objectif de $0^m50$, produit environ $0^m006$ de différence dans la mise au point. Il s'ensuit que sans le mouvement à bascule qui permet d'incliner le châssis de cette quantité, la netteté simultanée des pieds et de la figure est impossible.

Les accessoires du portrait ou les personnages d'un *groupe* devront être placés suivant une ligne courbe; les objets situés aux extrémités seront placés plus près de l'objectif que ceux qui sont situés au centre : l'image se projettera alors nettement sur une surface plane, ce qui est précisément le but à atteindre. Par ce moyen on peut obtenir des images d'une netteté suffisante avec des objectifs dont la courbure du champ est relativement grande.

B.) Les reproductions photographiques d'objets d'art, statues, etc., s'obtiennent correctement d'après les règles que nous venons d'indiquer. S'il s'agit de reproductions de cartes, plans, etc., la condition principale à observer est que le plan de la glace dépolie soit rigoureusement parallèle au plan de la surface à photographier.

Lorsque l'on doit exécuter une série de clichés de cartes géographiques, plans, etc., on emploiera le procédé recommandé par M. Huguenin [1]. On fixe d'abord la glace dépolie à la place qu'elle doit occuper sur la base graduée de la chambre noire d'après la dimension d'images que l'on veut obtenir. Le

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, janvier 1875.

dessin à reproduire est fixé sur un chevalet. L'un des meilleurs modèles construits par Nadar est représenté figure 343. La chambre noire, placée sur son pied-table, peut s'avancer ou se reculer d'une certaine quantité, de manière à pouvoir être amenée facilement à la position exacte exigée pour la mise au point; le dessin étant en place, on met au point et l'on vérifie si la reproduction est à l'échelle convenable. Pour cela, on applique sur la glace dépolie

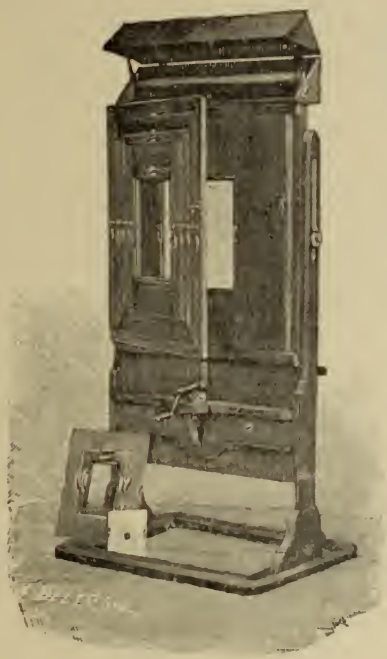


Fig. 343.

une bande de papier coupée exactement à la longueur qui doit correspondre à l'écartement des deux points du dessin à reproduire: on s'assure ensuite si le plan du dessin est perpendiculaire à l'axe de l'objectif. On prend un miroir carré ayant 0m20 de côté; au moyen de trois vis à têtes, fixées derrière le cadre, on s'assure qu'il portera d'aplomb; on règle ces trois vis de telle sorte qu'en mettant le miroir sur un plan il y ait parallélisme entre ce plan et la surface étamée. Le miroir étant réglé une fois pour toutes, on l'applique sur le milieu du sujet à reproduire et l'on regarde sur la glace dépolie. Si le dessin est bien placé, la petite croix tracée au milieu de la glace dépolie doit paraître au centre du cercle noir qui représente l'image de l'objectif réfléchi par le miroir (*fig. 344*). Quand il en est autrement, la position du dessin doit être corrigée. Si l'image de l'objectif tombe à gauche du centre du verre dépoli, la partie gauche du dessin doit être avancée et la partie droite reculée (*fig. 345*); si l'image de l'objectif tombe au-dessus du centre, le haut du tableau doit être avancé et le bas reculé.

Cette méthode est très avantageuse pour l'opérateur qui peut se faire assister d'un aide pour la mise au point. Le photographe qui travaille seul

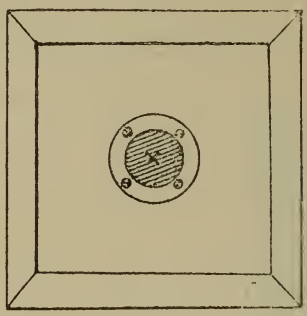


Fig. 344.

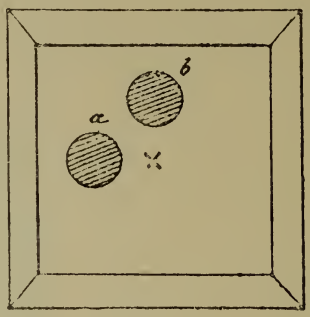



Fig. 345.

pourra se servir de l'instrument imaginé par M. Huguenin[1]. Le dessin à reproduire est fixé sur une planchette à dessiner TT (*fig. 346*). Une équerre E

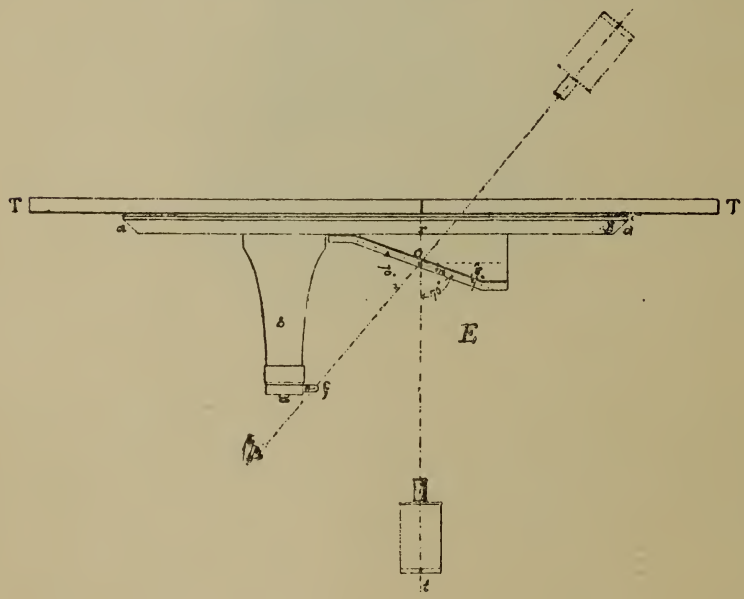



Fig. 346.

consistant en une planchette *aa* d'environ 0m20 de longueur sur 0m15 de largeur est appliquée sur le dessin à reproduire en la tenant par une poignée *b* formée de quatre montants sur laquelle est fixé à chaque extrémité un petit

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1877, p. 215.

support à coulisses destiné à recevoir les extrémités d'un fil rouge *f* tendu parallèlement à la planchette. Un miroir *m* est fixé en avant de la poignée et fait avec la planchette un angle de 20°. Une ligne droite a été tracée avec une pointe d'acier au milieu *o* de la largeur de ce miroir et du côté de l'étamage qui a été enlevé sur une largeur de 1 millimètre et remplacé par une couche de rouge de saturne. Le fil *f* est réglé en sortant plus ou moins les coulisses qui le maintiennent de manière à être parallèle à la ligne rouge *o* et en même temps à déterminer avec cette ligne un plan incliné suivant un angle de 50° sur la planchette ou de 70° sur le miroir. D'après cette disposition, on voit que le rayon visuel dirigé suivant le fil *f* et la ligne rouge *o* sera réfléchi suivant une ligne *ot* contenue dans un plan qui sera perpendiculaire à la planchette, car l'angle *trs* est égal à l'angle d'incidence de 70°, augmenté de l'angle formé par le miroir et la planchette, qui est de 20°.

Pour se servir de cet instrument, on met en place le dessin, on y applique la planchette de manière que son plus grand côté soit horizontal. Le dessin sera bien placé si l'on aperçoit dans un même alignement le fil rouge, la ligne tracée au milieu du miroir, les images réfléchies dans le miroir de l'objectif, et d'une petite tige verticale fixée au milieu de la largeur de la chambre noire au-dessus de la glace dépolie. Si ces conditions ne sont pas remplies, on inclinera le dessin de manière à amener l'image de l'objectif dans l'alignement du fil et de la ligne rouge. L'image de la tige pourra tomber à droite ou à gauche de cet alignement. Dans le premier cas, on avancera le dessin vers la gauche; dans le second cas, on l'avancera vers la droite.

Pour obtenir une netteté uniforme, il faut, avec la plupart des objectifs, mettre au foyer sur un point situé à un tiers du centre : ceci ne s'applique qu'aux reproductions d'un sujet plan. Ajoutons que pour préserver l'objectif de l'action de la lumière latérale dans l'atelier, on dispose en avant de l'objectif un tronc de pyramide quadrangulaire qui arrête toute lumière autre que celle venant du modèle à photographier.

**183. Emploi de la chambre noire au dehors.** — Les paysages doivent, autant que possible, être choisis de telle sorte que la courbure du champ naturellement produite par l'objectif soit *favorisée*. On y parvient en disposant la chambre noire de telle sorte que les objets qui viennent former leur image sur le bord de la plaque soient les plus rapprochés de l'appareil, tandis que ceux du centre en seront les plus éloignés. Cette règle n'est pas absolument générale et son observation stricte conduirait à la production d'épreuves uniformément monotones; c'est là une indication à laquelle on devra se conformer en tant que cela ne nuira point à l'aspect artistique de l'image.

184 — A

| DÉSIGNATION DES SUJETS | GRANDEUR moyenne DE L'OBJET | GRANDEUR DE L'IMAGE | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1cm | 2cm | 3cm | 5cm | 7cm | 10cm | 15cm | 20cm | 25cm | 30cm | 35cm | 40cm |
| Hauteur d'une tête d'homme..... | 0m22 | 23 | 12 | 8.3 | 5.4 | 4.1 | 3.2 | 2.5 | 2.1 | » | » | » | » |
| Hauteur d'un homme..... | 1.70 | 171 | 86 | 67. | 35. | 25. | 18. | 12. | 9.5 | 7.1 | 6.7 | 5.8 | 52. |
| Longueur d'un cheval au galop..... | 2.80 | 281 | 141 | 94. | 57. | 41. | 29 | 19. | 15. | 12. | 10. | 9. | 8. |
| Longueur d'une voiture attelée (Landau)... | 7. | 700 | 350 | 234 | 140 | 100 | 70. | 47. | 36. | 29. | 24. | 20. | 18. |
| Longueur d'un wagon..... ..... | 10. | 1000 | 500 | 334 | 200 | 144 | 100 | 67. | 50. | 40. | 34. | 29. | 26. |
| Hauteur d'une maison composée d'un rez-de-chaussée, deux étages et un toit..... | 15. | » | 750 | 500 | 300 | 216 | 150 | 100 | 75. | 60. | 50. | 43. | 38. |
| Hauteur des grands arbres (Peupliers, sapins)..... ..... | 30. | » | » | 1000 | 600 | 430 | 300 | 200 | 150 | 120 | 100 | 85. | 75. |
| Longueur d'un paquebot transatlantique... | 150. | » | » | » | 3000 | 2150 | 1500 | 990 | 750 | 600 | 500 | 420 | 270 |

La reproduction correcte des monuments est subordonnée à l'observation d'une règle qui ne souffre pas d'exceptions : *la base de la chambre noire doit être placée horizontalement*. On y parvient très rapidement en se servant d'un niveau d'eau mobile que l'on place sur la base de l'appareil. Les bons constructeurs munissent leurs appareils de cet accessoire indispensable dans bien des cas. On peut suppléer à l'absence de cet instrument en se servant pour la mise au point d'une glace dépolie portant un quadrillé formé par des lignes horizontales et verticales. Plusieurs opérateurs emploient même des glaces dépolies portant une graduation. M. le Dr Gustave Le Bon[1] a utilisé une telle graduation pour le lever d'un grand nombre de monuments.

Si le sommet du monument forme son image en dehors de la glace dépolie, on élèvera la planchette qui porte l'objectif : l'emploi des objectifs donnant un grand angle est indispensable dans ces circonstances. Si l'on connaît la distance à laquelle on se trouve du monument ainsi que la hauteur de ce dernier, on pourra *a priori* déterminer quel est l'objectif à employer.

**184. Relations entre la grandeur d'un objet et celle de son image.** — Connaissant l'une des dimensions O d'un objet et la grandeur I que doit avoir son image, il est facile de déterminer la distance D qui sépare l'objet de l'appareil, et réciproquement connaissant D et O, on peut déterminer I. (Voir **172**.) On rencontre dans la pratique photographique différents genres de sujets : les principaux sont inscrits dans le tableau **184 — A**. En supposant que la distance focale de l'objectif soit égale à l'unité, ce tableau indique à quelle distance il faut se placer pour que l'image de ces objets ait une grandeur déterminée. Les nombres que l'on trouve à l'intersection des lignes et des colonnes expriment les distances D. Il suffit de multiplier les nombres de la table par le foyer de l'objectif employé pour avoir la distance cherchée.

Supposons que l'on veuille obtenir, à l'aide d'un objectif de 0m30 de foyer, l'image d'une voiture attelée ; on veut que l'image de cette voiture occupe sur l'épreuve une longueur de 0m07 : à quelle distance doit-on placer l'appareil de la voiture ?

On considère la ligne horizontale de la table correspondant à l'indication : « Voiture attelée. » On cherche la colonne en tête de laquelle figure la longueur de 0m07. A l'intersection de la ligne et de la colonne, on trouve le chiffre 100. On doit donc placer l'appareil à une distance de la voiture égale à $100 \times 0^{m}30$, soit $30^{m}0$.

Le photographe portraitiste a tout intérêt à se servir d'une table **184 — B**, analogue à la précédente, table dont l'usage lui permettra de déterminer

1. *Les levers photographiques et la photographie en voyage*, Paris, Gauthier-Villars, 1889.

immédiatement la distance à laquelle il doit placer le modèle de l'appareil. Cette table[1] suppose que la hauteur du modèle est de 1m70, que la hauteur de sa tête est de 0m22 et que l'on veut en obtenir une image dans les formats généralement adoptés.

L'usage du tableau **184 — B** est fort commode. Supposons que l'on veuille

**184 — B**

| LONGUEUR focale de L'OBJECTIF | DISTANCE DU MODÈLE A L'OBJECTIF | | | |
|---|---|---|---|---|
| | POUR AVOIR une image en pied de 7 centimètres de hauteur (carte de visite.) | POUR AVOIR une image en pied de 10 centimètres de hauteur (carte-album.) | POUR AVOIR une image en pied de 15 centimètres de hauteur (carte promenade ) | POUR AVOIR une tête de 4 centimètres de hauteur (buste carte-album.) |
| 10cm | 2m52 | » | » | » |
| 12 | 3.03 | » | » | » |
| 14 | 3.55 | » | » | » |
| 16 | 4.05 | » | » | » |
| 18 | 4.55 | » | » | » |
| 20 | 5.05 | 3m60 | » | » |
| 22 | 5.55 | 3.95 | » | » |
| 24 | 6.10 | 4.30 | » | 1m56 |
| 26 | 6.60 | 4.70 | » | 1.70 |
| 28 | 7.10 | 5.05 | » | 1.82 |
| 30 | 7.60 | 5.40 | 3m70 | 1.95 |
| 32 | 8.10 | 5.75 | 3.94 | 2.08 |
| 34 | 8.61 | 6.12 | 4.18 | 2.21 |
| 36 | 9.12 | 6.48 | 4.43 | 2.34 |
| 38 | 9.62 | 6.84 | 4.67 | 2.47 |
| 40 | 10.12 | 7.20 | 4.92 | 2.60 |
| 45 | 11.40 | 8.10 | 5.55 | 2.92 |
| 50 | 12.60 | 9. | 6.15 | 3.25 |
| 55 | 14. | 9.90 | 6.80 | 3.57 |
| 60 | 15.20 | 10.80 | 7.40 | 3.90 |

1. Calculée comme la précédente et la suivante par M. de la Baume-Pluvinel.

184 — C

| DIMENSION de L'IMAGE | DIMENSION DE L'ÉPREUVE-OBJET | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 × 9 | 8 × 10 | 9 × 12 | 12 × 15 | 13 × 18 | 15 × 21 | 18 × 24 | 21 × 27 | 24 × 30 | 27 × 33 | 30 × 40 | 36 × 45 | 40 × 50 | 50 × 60 |
| 6 × 9 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 3.0 | 3.2 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 7.7 | 9.3 |
| | 2.0 | 1.77 | 1.67 | 1.50 | 1.45 | 1.40 | 1.33 | 1.29 | 1.25 | 1.22 | 1.20 | 1.17 | 1.15 | 1.12 |
| 8 × 10 | 1.77 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 3.3 | 3 7 | 4.0 | 4.4 | 4.8 | 5.5 | 6.0 | 7.3 |
| | 2.3 | 2.0 | 1.83 | 1.67 | 1.59 | 1.56 | 1.43 | 1.37 | 1.33 | 1.29 | 1.26 | 1.22 | 1.20 | 1.16 |
| 9 × 12 | 1.67 | 1.83 | 2.0 | 2.4 | 2 5 | 2.7 | 3.0 | 3.4 | 3.7 | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 5 5 | 6.6 |
| | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 1.71 | 1.67 | 1.57 | 1.50 | 1.42 | 1.37 | 1.33 | 1.30 | 1.25 | 1.22 | 1.18 |
| 12 × 15 | 1.50 | 1.67 | 1.71 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 3.3 | 3.5 | 4.0 | 4.4 | 5.2 |
| | 3.0 | 2.5 | 2.4 | 2.0 | 1.83 | 1.71 | 1.62 | 1.56 | 1.50 | 1.43 | 1.40 | 1.33 | 1.29 | 1.24 |
| 13 × 18 | 1.45 | 1.59 | 1.67 | 1.83 | 2 0 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 2.9 | 3.1 | 3.4 | 3.8 | 4.1 | 4.9 |
| | 3.2 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.71 | 1.59 | 1.53 | 1.48 | 1.42 | 1.36 | 1.32 | 1.26 |
| 15 × 21 | 1.40 | 1.56 | 1.57 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 3.4 | 3.7 | 4.4 |
| | 3.5 | 2.8 | 2.7 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.71 | 1.62 | 1.56 | 1.50 | 1.42 | 1 37 | 1.29 |
| 18 × 24 | 1 33 | 1.43 | 1.50 | 1.62 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2 5 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 3.8 |
| | 4.0 | 3.3 | 3.0 | 2.6 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1 71 | 1.67 | 1.59 | 1.50 | 1.43 | 1.36 |
| 21 × 27 | 1.20 | 1.37 | 1.42 | 1.56 | 1.59 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.4 |
| | 4.5 | 3.7 | 3.4 | 2 8 | 2.7 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.77 | 1.67 | 1.56 | 1.50 | 1.42 |
| 24 × 30 | 1.25 | 1.33 | 1.37 | 1.50 | 1.53 | 1.62 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 3.1 |
| | 5.0 | 4.0 | 3.7 | 3.0 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.77 | 1.67 | 1.59 | 2.48 |
| 27 × 33 | 1.22 | 1.29 | 1.33 | 1.43 | 1.48 | 1.56 | 1.67 | 1.77 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.9 |
| | 5.5 | 4.4 | 4.0 | 3.3 | 3.1 | 2.8 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.71 | 1.67 | 1.53 |
| 30 × 40 | 1.20 | 1.26 | 1.30 | 1.40 | 1.42 | 1.50 | 1.59 | 1.67 | 1.77 | 1.83 | 2 0 | 2.2 | 2.4 | 2.7 |
| | 6.0 | 4.8 | 4.3 | 3.5 | 3.4 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.71 | 1.59 |
| 36 × 45 | 1.17 | 1.22 | 1.25 | 1.33 | 1.36 | 1 42 | 1.50 | 1 56 | 1.67 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.2 | 2.4 |
| | 7.0 | 5.5 | 5.0 | 4 0 | 3.8 | 3.4 | 3.0 | 2.8 | 2 5 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.83 | 1.71 |
| 40 × 50 | 1.15 | 1.20 | 1.22 | 1 29 | 1.32 | 1.37 | 1.43 | 1.50 | 1.59 | 1.67 | 1.71 | 1.83 | 2.0 | 2.3 |
| | 7.7 | 6.0 | 5.5 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.77 |
| 50 × 60 | 1.12 | 1.16 | 1.18 | 1.24 | 1.26 | 1.29 | 1 36 | 1.42 | 1.48 | 1.53 | 1.59 | 1.77 | 1.77 | 2.0 |
| | 9.3 | 7.3 | 6.6 | 5.2 | 4.9 | 4 4 | 3.8 | 3.4 | 3.1 | 2.9 | 2 7 | 2.4 | 2.3 | 2.0 |

obtenir à l'aide d'un objectif de $0^m34$ de foyer une image format carte-album d'un modèle debout. A quelle distance du modèle doit-on placer l'objectif?

Il suffit de consulter la première et la troisième colonne de la table pour apprendre immédiatement que le modèle doit être placé à $6^m12$ de l'objectif.

On se propose souvent d'obtenir une reproduction réduite ou agrandie d'une épreuve photographique; il faut alors, pour éviter des tâtonnements longs et fastidieux, calculer le rapport $\frac{O}{I}$; la table **184 — C** permettra d'éviter ce calcul. Les dimensions de l'épreuve-objet sont inscrites dans la ligne horizontale supérieure et les dimensions de l'image sont figurées dans la première colonne de gauche. A l'intersection d'une ligne et d'une colonne, on trouve deux nombres : le nombre supérieur (imprimé en caractères gras) indique la distance $p$ du cliché-objet à l'objectif, et le nombre inférieur donne la distance $p'$ de l'image à l'objectif. Les nombres de la table expriment les distances $p$ et $p'$ en supposant que la distance focale principale de l'objectif est égale à l'unité. Il faudra donc multiplier les nombres de la table par celui qui exprime la distance focale de l'objectif pour avoir les distances cherchées.

Donnons un exemple. On veut obtenir à l'aide d'un objectif de $0^m20$ de foyer une image mesurant $0^m21 \times 0^m27$ d'un cliché $0^m09 \times 0^m12$. Quelles doivent être les distances du cliché-objet et de son image à l'objectif ?

Considérons la ligne qui correspond à la dimension $21 \times 27$ et cherchons la colonne en tête de laquelle figure la dimension $9 \times 12$. A l'intersection de la ligne et de la colonne, on trouve deux nombres 1,42 et 3,4. On doit donc placer le cliché-objet à une distance de l'objectif égale à $1,42 \times 0^m20 = 0^m24$, et on recevra l'image agrandie de ce cliché à une distance de l'objectif égale à $3,4 \times 0^m20 = 0^m68$.

**185. Emploi de l'angle du champ.** — Nous avons vu que l'angle du champ $\gamma$ d'un objectif est donné par la formule :

$$\gamma = 2 \text{ arc tg } \frac{d}{2F}.$$

**185 — A**

| $a \times b$ | $d$ | $a \times b$ | $d$ |
|---|---|---|---|
| 6 × 9 | 10.8 | 21 × 27 | 34. |
| 8 × 10 | 12.8 | 24 × 30 | 38.4 |
| 9 × 12 | 15. | 27 × 33 | 42.8 |
| 12 × 15 | 19.2 | 30 × 40 | 50. |
| 13 × 18 | 22. | 36 × 45 | 58. |
| 15 × 21 | 26. | 40 × 50 | 64. |
| 18 × 24 | 30. | 50 × 60 | 78. |

Cette formule permet de déterminer quel est l'objectif qu'il convient d'employer dans certains cas, lorsqu'on connaît le diamètre $d$ du champ utile. Les opticiens ne font pas connaître en général le diamètre de ce champ utile; ils indiquent qu'un objectif couvre la surface $a \times b$ d'une plaque photographique. Dans ce cas, on commence par déterminer le diamètre du champ en calculant le diamètre du cercle circonscrit à la plaque de dimensions $a$ et $b$. Ce diamètre est donné par la formule $d = \sqrt{a^2 + b^2}$. Le tableau **185 — A** donne les diamètres des cercles circonscrits aux plaques photographiques les plus employées.

**185 — B**

| $\frac{d}{F}$ | $\gamma^0$ | $\frac{d}{F}$ | $\gamma^0$ | $\frac{d}{F}$ | $\gamma^0$ | $\frac{d}{F}$ | $\gamma^0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,536 | 30° | 0,891 | 48° | 1,30 | 66° | 1,80 | 84° |
| 0,555 | 31 | 0,912 | 49 | 1,32 | 67 | 1,83 | 85 |
| 0,574 | 32 | 0,933 | 50 | 1,35 | 68 | 1,87 | 86 |
| 0,593 | 33 | 0,955 | 51 | 1,37 | 69 | 1,90 | 87 |
| 0,612 | 34 | 0,976 | 52 | 1,40 | 70 | 1,93 | 88 |
| 0,631 | 35 | 0,998 | 53 | 1,43 | 71 | 1,97 | 89 |
| 0,650 | 36 | 1,02 | 54 | 1,45 | 72 | 2,00 | 90 |
| 0,670 | 37 | 1,04 | 55 | 1,48 | 73 | 2,04 | 91 |
| 0,689 | 38 | 1,06 | 56 | 1,51 | 74 | 2,07 | 92 |
| 0,709 | 39 | 1,08 | 57 | 1,53 | 75 | 2,11 | 93 |
| 0,728 | 40 | 1,11 | 58 | 1,56 | 76 | 2,15 | 94 |
| 0,748 | 41 | 1,13 | 59 | 1,59 | 77 | 2,18 | 95 |
| 0,768 | 42 | 1,16 | 60 | 1,62 | 78 | 2,22 | 96 |
| 0,788 | 43 | 1,18 | 61 | 1,65 | 79 | 2,26 | 97 |
| 0,808 | 44 | 1,20 | 62 | 1,68 | 80 | 2,30 | 98 |
| 0,828 | 45 | 1,23 | 63 | 1,71 | 81 | 2,34 | 99 |
| 0,849 | 46 | 1,25 | 64 | 1,74 | 82 | 2,38 | 100 |
| 0,870 | 47 | 1,27 | 65 | 1,77 | 83 | 2,43 | 101 |

Connaissant le diamètre du champ, on le divise par la distance focale principale de l'objectif et on cherche dans les colonnes $\frac{d}{F}$ du tableau **185 — B** le nombre qui s'approche le plus du quotient calculé. Vis-à-vis de la valeur de $\frac{d}{F}$ on trouve l'angle du champ correspondant.

Prenons, par exemple, un objectif de 0m34 de foyer; il couvre nettement une plaque de 0m18 × 0m24 : quel est l'angle du champ de l'objectif?

Le tableau précédent nous a montré que le diamètre du cercle circonscrit à une plaque 18 × 24 et 0m30 centimètres. Divisons 0m30 par 0m34, nous obtenons 0,882. Dans la colonne $\frac{d}{F}$ nous trouvons 0,870 et 0,891 comme nombres entre lesquels est compris 0,882. Ces deux nombres correspondent

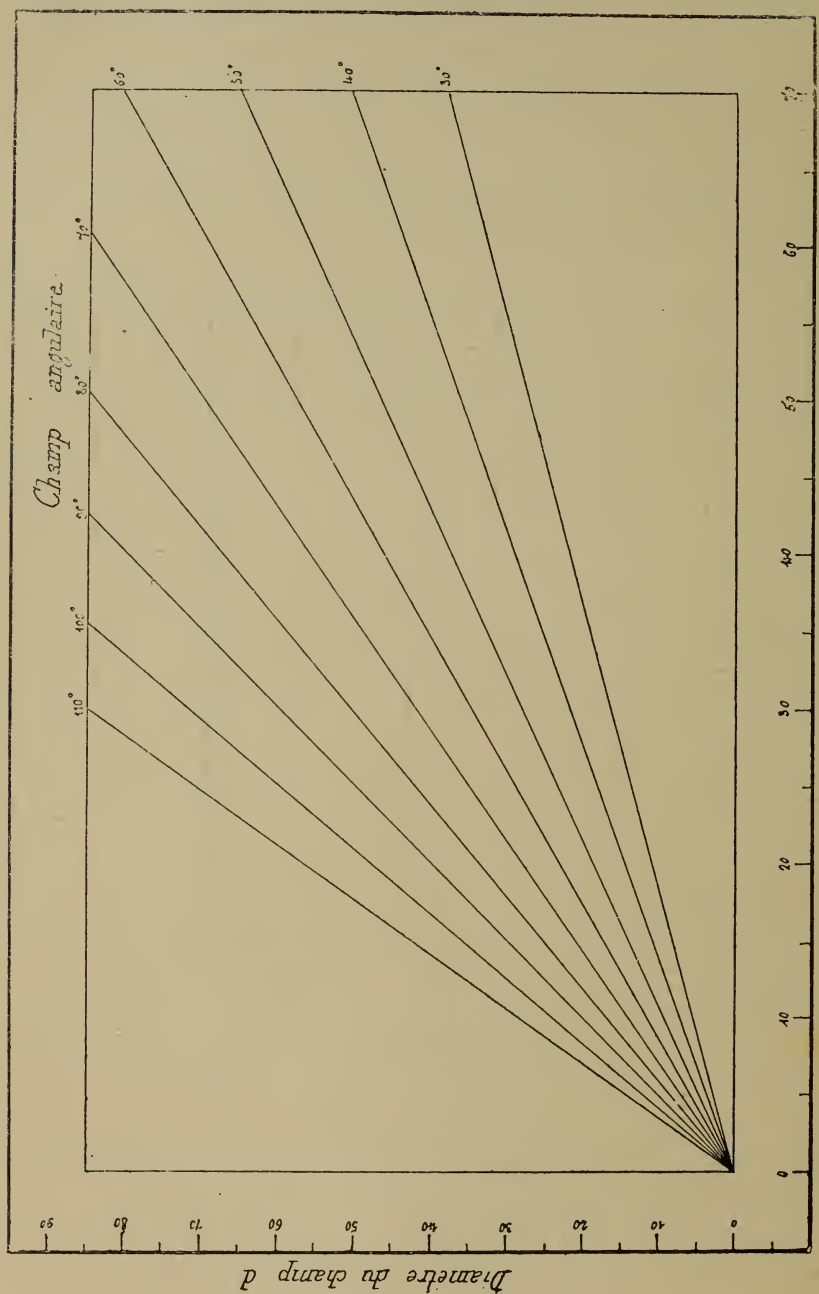

Champ angulaire
110°
100°
90°
80°
70°
60°
50°
40°
30°
Longueur focale de l'objectif F
0
10
20
30
40
50
60
70
Diamètre du champ d
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

Fig. 347.

à 47° et 48°, ce qui nous montre que l'angle du champ de l'objectif est compris entre 47° et 48°.

On peut, en se servant du diagramme (*fig. 347*), trouver approximativement l'angle du champ d'un objectif sans avoir à calculer le rapport $\frac{d}{F}$. En effet, si on considère la ligne horizontale correspondant au diamètre $d$ du champ et la verticale qui se rapporte au foyer de l'objectif, le point d'intersection de ces deux lignes est par sa position, par rapport aux obliques issues du zéro, la valeur de l'angle du champ. Soit, par exemple, un objectif de 0m45 de foyer couvrant nettement une plaque de 0m30 × 0m40, quel est l'angle du champ? Le diamètre du champ nettement couvert est 0m50. Parcourant sur le graphique (*fig. 347*) la ligne 50 jusqu'à son intersection avec la verticale issue de 45, on trouve un point compris entre les deux obliques qui correspondent à un champ angulaire de 50° et de 60°. En déterminant plus exactement la position de ce point par rapport aux deux obliques, on trouve que l'angle du champ est voisin de 58°.

**185 — C**

| $\alpha$ | $\cos^4 \alpha$ | $\alpha$ | $\cos^4 \alpha$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 1,0000 | 30 | 0,5625 |
| 5 | 0,9848 | 35 | 0,4502 |
| 10 | 0,9406 | 40 | 0,3444 |
| 15 | 0,8705 | 45 | 0,2500 |
| 20 | 0,7798 | 50 | 0,1707 |
| 25 | 0,6747 | 55 | 0,1082 |

Nous avons vu (**161**) que l'illumination de l'image diminuait rapidement du centre aux bords du champ. Le tableau **185 — C** permet de déterminer les rapports qui existent entre les illuminations d'une image au bord et au centre du champ. Soit un objectif grand angulaire embrassant un angle de 100° : le point de l'image qui se forme à la limite du champ est situé sur une directrice faisant un angle de 50° avec l'axe principal de l'objectif; la valeur correspondante de $\cos^4 \alpha$ est 0,1707, d'après la table. L'intensité lumineuse étant 1,000 au centre du champ, elle sera exprimée par 0,1707 pour les bords, et ne sera donc que le sixième de ce qu'elle est au centre.

L'illumination des images formées par un objectif double en dehors de l'axe principal varie aussi par le fait que les faisceaux de rayons qui concourent à la formation de ces images sont en partie arrêtés par la monture

de l'objectif. Si on ne tient compte que de cette cause, la surface du champ uniformément éclairée est d'autant plus grande que le diaphragme de l'objectif est plus petit.

**186. Iconomètre, chercheur photographique.**—Nous avons vu qu'il était indispensable d'avoir plusieurs objectifs pour une même dimension de plaque photographique. Ayant choisi la station la plus convenable pour photographier l'objet à reproduire, il s'agit de déterminer la longueur focale à employer pour la dimension de plaques donnée. On y parvient à l'aide d'une sorte de petite chambre noire imaginée par Ziégler[1]. Cet instrument peut être construit très simplement, comme l'a indiqué d'abord Taupenot[2] et plus tard Schnauss[3], à l'aide d'une lentille convergente à court foyer, de deux morceaux de carton et d'une petite glace dépolie. Une bande de carton est divisée en cinq parties égales par quelques traits de canif, pénétrant à moitié épaisseur : la dernière bande ainsi obtenue se rabat sur la première, de façon à former un tube prismatique à angles droits. Le second morceau de carton, divisé en quatre parties un peu plus petites, forme un autre tube un peu plus court qui glisse exactement dans le premier. Ces deux prismes constituent une sorte de chambre noire, à la partie antérieure de laquelle on fixe une lentille ; la glace dépolie se fixe à la partie postérieure : les côtés de cette glace dépolie sont proportionnels aux côtés de la plaque photographique. L'image réduite de l'objet vient se peindre sur cette glace dépolie ; diverses graduations correspondant chacune à un objectif indiquent immédiatement quel est l'appareil qu'il convient d'employer. On se sert aujourd'hui de cet appareil sous le nom de *viseur*.

M. Quéval[4] se sert d'un cadre rectangulaire en bois dont les côtés sont proportionnels à ceux de l'image que l'on veut obtenir. Au-dessous et perpendiculairement à son plan se trouve une règle de $0^{m}30$ environ, avec une rainure pratiquée dans presque toute sa longueur. Un écrou fixé au cadre de bois permet de lui faire parcourir toute la longueur de la règle et de le fixer à l'endroit voulu. Pour employer cet instrument, on applique l'extrémité de la règle à 2 ou 3 centimètres au-dessous de l'œil, et on regarde l'espace compris dans le cadre en bois. Le cadre doit être fixé sur sa base à une distance de l'œil telle que le paysage encadré par lui corresponde exactement à l'image produite dans la chambre noire. On répètera cette observation pour tous les objectifs, en marquant à chaque station le numéro de chaque foyer correspondant. On pourra donc apprécier immédiatement, quand on est en face d'un paysage, d'un monument, etc., le foyer qu'il convient d'employer.

Le *chercheur focimétrique* de M. Davanne[5] permet d'atteindre le même but. Cet instrument montre la proportion qui existe entre la dimension de l'épreuve prise comme unité et la longueur focale à

1. *Phot. Journal*, 1854, n° 11.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1856, p. 18.
3. Schnauss, *Katechismus der Photographie.*
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 63.
5. *Ibid.*, 1867, p. 254.

employer; ce chercheur étant basé sur la proportion des images relativement à la longueur focale peut servir pour toutes les dimensions et pour tous les objectifs. L'instrument se compose d'une base (*fig. 348*) sur laquelle sont assemblés à charnières deux platines qui peuvent se rabattre l'une sur l'autre, de sorte que l'instrument replié se met facilement dans la poche. Pour examiner le sujet à reproduire, on regarde par la petite ouverture placée très près de l'œil, jusqu'à ce que l'ensemble à reproduire apparaisse encadré dans l'ouverture rectangulaire; on cherche à quelle position, à quelle place l'ensemble du sujet apparaît de la manière la plus favorable. La position étant trouvée, on obtient très facilement cet ensemble pour la grandeur de

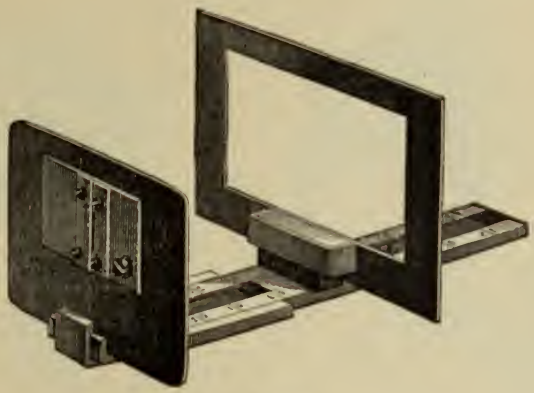


Fig. 348.

glace dont on dispose. Le petit index qui se trouve derrière la platine mobile se trouve placé près d'un nombre gravé sur la base; en multipliant ce nombre par celui qui mesure le côté de la glace on obtient très approximativement la longueur focale de l'objectif à utiliser.

Cet appareil est indispensable au photographe paysagiste qui veut déterminer rapidement et sûrement l'objectif à employer et le point où il convient de placer la chambre noire. Il permet d'éviter l'observation de l'image, toujours fatigante et quelquefois inutile lorsqu'elle est faite sur la glace dépolie.

Barton a reproduit à peu près exactement cet appareil sous le nom de « Lens-Finder[1] » (chercheur d'objectif) (*fig. 349* et *350*).

1. *Year-book of Photography*, 1882, p. 165.

Au lieu d'employer l'iconomètre, on peut se servir d'un instrument donnant directement la valeur de l'angle embrassé par l'objectif[1]. On a construit dans ce but plusieurs appareils : les principaux sont ceux de Wehl[2] et d'Adolphe Buehler[3]. Ces instruments donnent, indépendamment de l'angle de l'image, l'orientation la plus convenable de l'appareil, les données nécessaires au temps de pose, etc. ; leur emploi est un peu plus difficile que celui des appareils précédemment décrits. L'appareil de Buehler comprend un calendrier analogue à celui qui se trouve sur l'actinoscope d'Enjalbert[4], instrument qui indique l'intensité de la lumière aux diverses époques de l'année.

**187. Emploi des diaphragmes.** — Il faut employer toujours le plus grand diaphragme possible. On obtient ainsi la vigueur, le

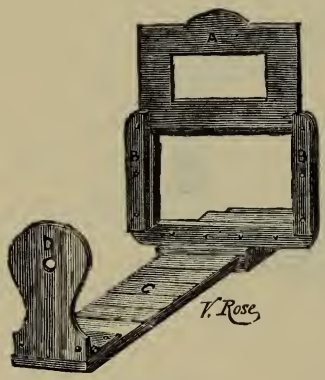


Fig. 349.

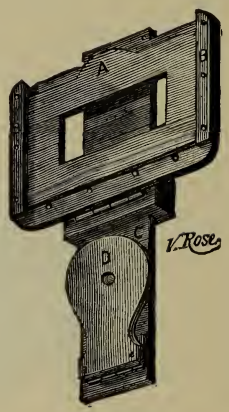


Fig. 350.

relief et la perspective aérienne de l'image dans l'épreuve ; mais ce n'est qu'avec de très bons objectifs que l'on peut opérer ainsi. Avec de petits diaphragmes, on obtient la netteté, mais c'est aux dépens de qualités essentielles.

Les objectifs *aplanétiques*, c'est-à-dire ceux qui ne nécessitent aucun diaphragme pour augmenter la netteté au centre de l'image, peuvent être employés à toute ouverture si la *profondeur d'objet* le permet. Les objectifs non aplanétiques (grands angulaires, objectifs simples pour paysages) nécessitent l'emploi d'un diaphragme aussi bien pour le centre que pour le bord de l'image.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 83.
2. *Phot. Correspondenz*, 1873, p. 209.
3. *Phot. Corresp.*, 1870, p. 160.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 131.

La netteté s'accroît aussi bien au centre que sur les bords à mesure que le diaphragme diminue $\left(\text{jusqu'à } \frac{f}{60}\right)$ avec les objectifs non aplanétiques.

La netteté n'augmente pas *au centre de l'image* formée par un objectif aplanétique à mesure que l'on diminue le diamètre du diaphragme ; en diaphragmant, on obtient : 1° plus de profondeur de foyer : 2° une plus grande surface nettement couverte ; 3° moins de clarté.

En pratique, l'usage du diaphragme est simple : on met au point sur un objet saillant du premier plan ou sur la partie de l'image qui

Fig. 351.

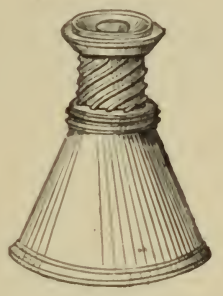


Fig. 352.

doit donner de l'intérêt à l'épreuve. Cette mise au point doit être effectuée avec un diaphragme moyen : on examine l'image à l'aide d'une loupe appliquée sur la glace dépolie (*fig. 351 à 353*), puis on met un diaphragme plus petit qui assure la profondeur de foyer

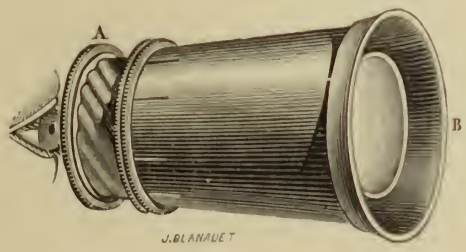



Fig. 353.

convenable. On doit réduire l'ouverture du diaphragme de la quantité justement nécessaire pour empêcher que les objets plus ou moins rapprochés de l'avant-plan paraissent troubles. Il ne faut jamais rechercher une netteté uniforme si l'on désire produire une œuvre vraiment artistique. On n'a jamais vu de peintre donner la

même importance, la même netteté au fond et aux accessoires qu'au sujet principal de son tableau. L'œil humain ne voit pas distinctement les objets éloignés quand il s'arrête au premier plan. Le photographe doit faire comme le peintre. Autrefois, il était d'usage de regarder comme la perfection photographique la netteté uniforme d'une épreuve. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et l'on recherche avec raison la vigueur de l'image, le relief, l'effet, qualités qui ne s'obtiennent que par *l'emploi de grands diaphragmes.*

**188.** La mise au point faite avec un grand diaphragme est-elle modifiée par l'emploi d'un diaphragme plus petit ? L'abbé Laborde[1] a fait observer que pour le centre de l'image le terme moyen de plus grande netteté s'éloigne de l'objectif à mesure que l'ouverture du diaphragme se rétrécit ; la mise au

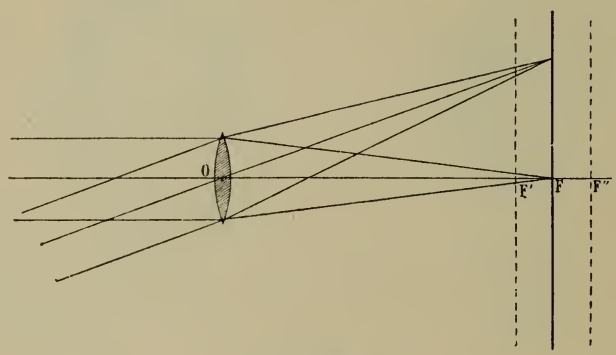



Fig. 354.

point varie donc suivant la grandeur du diaphragme employé avec les objectifs non aplanétiques. Warthon Simpson[2] avait constaté le même fait pour les objectifs simples, et avait conseillé de mettre au point avec le diaphragme qui doit servir.

M. le commandant Moessard[3] a fait observer que la vraie distance focale principale d'un objectif n'est pas modifiée par le diaphragme ; mais la *mise au point* photographique, c'est-à-dire la meilleure position à donner à l'écran pour avoir le maximum de netteté sur la plus grande surface possible, *varie* avec le diaphragme, à moins que l'objectif ne soit rigoureusement aplanétique. Cette variation est d'autant plus sensible que l'objectif est plus éloigné de l'aplanétisme parfait.

Avec un objectif idéal, absolument *aplanétique*, on obtient en F (*fig. 354*) une image rigoureusement nette. La surface focale des rayons centraux est

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, p. 218.
2. *Phot. News*, septembre 1864.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 244.

un plan situé en F ; en ajoutant un diaphragme à l'objectif, nous obtenons en F′ et F″ des cercles de diffusion dont les diamètres vont en diminuant à mesure que le diaphragme diminue, et lorsque le diamètre de ces cercles en

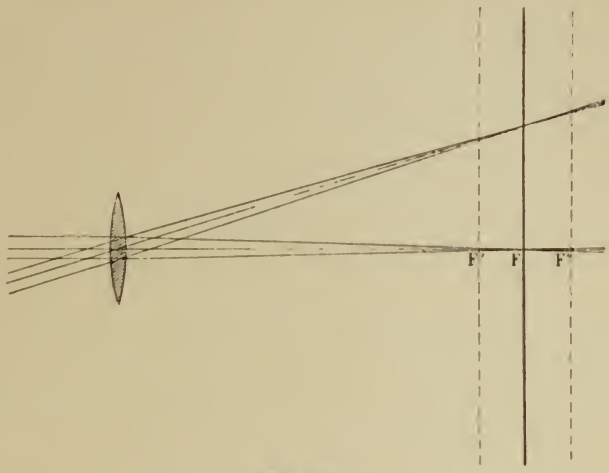



Fig. 355.

F′ F″, etc., sera égal ou inférieur à 0m0002, l'œil percevra une image nette de tous les points F (*fig. 355*). Avec un tel objectif, on a intérêt à mettre au point avec un grand diaphragme pour déterminer la position du plan F.

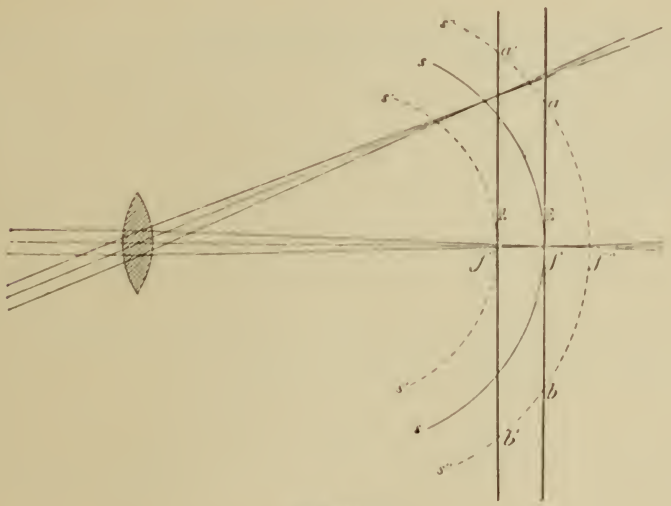



Fig. 356.

L'emploi d'un plus petit diaphragme donnera une tolérance de mise au point soit en avant, soit en arrière ; les dimensions de l'image varieront sans que

l'on ait à déplacer ni le modèle ni l'objectif, ce qui facilite la copie d'une carte ou d'un dessin à une échelle donnée.

Il n'en est plus de même avec un objectif *non aplanétique*. Dans ce cas, la surface focale *s* (*fig. 356*) des rayons centraux n'est plus un plan : elle présente une courbure dont la concavité est le plus souvent tournée vers l'objectif. Avec le plus grand diaphragme, la mise au point se fera en E, le centre *f* de l'image possédant alors son maximum de netteté. En diminuant le diamètre du diaphragme, l'image *s* s'améliore, la netteté est sensiblement égale entre deux surfaces *s'* et *s''* situées de part et d'autre à même distance de *s*. La glace dépolie étant en E, la *mise au point* sera bonne de *a* à *b*. Rapprochons l'écran jusqu'en E' : alors la netteté, toujours sensiblement égale au centre, augmentera sur les bords jusqu'à embrasser l'espace *a' b'* ; la plaque sera donc *mieux couverte*.

On voit donc qu'avec un objectif parfaitement aplanétique on *peut* faire varier la mise au point entre des limites d'autant plus éloignées que le diaphragme est plus petit. Avec un objectif *non aplanétique*, on *doit* rapprocher l'écran quand le diaphragme diminue si l'on veut obtenir le champ de netteté maximum.

En pratique, comme il n'existe pas d'objectifs absolument aplanétiques, on rapprochera *très légèrement* la glace dépolie de l'objectif, lorsqu'après avoir mis au point avec un grand diaphragme on emploiera un diaphragme plus petit.

**189. Limite des dimensions du diaphragme.** — La profondeur de foyer peut être rendue aussi grande que l'on veut à condition de diminuer suffisamment le diamètre du diaphragme ; si le diaphragme est très petit, s'il a $\frac{1}{4}$ de millimètre, par exemple, le foyer est partout avec n'importe quel objectif de foyer moyen.

Il y a cependant grand intérêt à ne pas employer de diaphragmes donnant à l'objectif un rapport de clarté inférieur à $\frac{1}{72}$. Les phénomènes de diffraction qui interviennent dans ce cas altèrent la netteté des images ; de plus, l'aspect de l'épreuve est modifiée très défavorablement. Avec de très petits diaphragmes, le relief et la vigueur de l'image sont diminués, les effets de distance disparaissent, l'épreuve est comme empâtée. S'il s'agit de travaux à faire en dehors de l'atelier, il est bon d'employer des diaphragmes donnant des rapports de clarté compris entre $\frac{f}{6}$ et $\frac{f}{50}$.

On voit donc que le diaphragme est entre les mains du photographe un accessoire puissant[1] pour corriger les défauts de ses objectifs. Nous ne saurions trop répéter que le meilleur instrument est celui qui avec la plus

1. Warthon Simpson, *Phot. News*, sept. 1866.

grande ouverture donne les meilleurs résultats, et l'opticien le plus habile est celui qui sait construire des objectifs donnant avec de larges diaphragmes les images les plus nettes.

Les limites que nous indiquons aux dimensions du diaphragme se rapportent au cas le plus habituel, celui où l'on reçoit l'image sur une surface plane. Nous avons vu que Sutton avait employé des glaces cylindriques pour obtenir l'image de vues panoramiques (**54**). M. Combes[1] a proposé l'usage de verres courbes pour remplacer les glaces planes dans les châssis de chambre noire. Ces verres pouvaient recevoir par application les surfaces sensibles, habituellement employées; les préparations, séparées du verre courbe, étaient ensuite transportées sur une surface plane. Indépendamment de l'impossibilité théorique de ce transport pour un champ angulaire un peu grand, chaque verre devait avoir une courbure en rapport de celle du foyer de l'objectif adapté à la chambre noire: de là des difficultés pratiques qui ont empêché l'application de ce procédé.

On peut, jusqu'à une certaine limite, atténuer les défauts qui résultent de l'emploi de trop petits diaphragmes. Fitzgibbon[2] a indiqué le moyen suivant : on met au point avec le plus grand diaphragme, on commence d'exposer la plaque avec le plus petit diaphragme, on l'enlève à la fin de l'opération. Ferrier[3] a confirmé l'exactitude de cette méthode, qui lui a permis de réduire de moitié le temps de pose nécessaire pour obtenir une image nette.

---

## BIBLIOGRAPHIE.


Bon (Dr Gustave Le), *Les levers photographiques et la Photographie en voyage.*

Croullebois, *Théorie des lentilles épaisses.* Gauthier-Villars, 1882.

Dallmeyer, *Du choix et de l'emploi des objectifs photographiques.*

Davanne, *La Photographie*, tome I.

Eder (Dr J.-M.), *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I.

Liesegang, *Handbuch der Photographischen Verfahren mit Silberverbindungen.*

Moessard (Ct. P.). *Étude des lentilles et des objectifs photographiques.*

Monckhoven (D. Van). *Traité d'optique photographique.*

— — *Traité général de photographie*, 8e édition.

Pizzighelli, *Handbuch der Photographie für Amateure und Touristen.*

Vidal (L.), *Manuel du Touriste photographe.*

Vieuille (G.), *Nouveau guide pratique du photographe amateur*, 1889.

Vogel (H.), *Lehrbuch der Photographie.*


1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 15.
2. *Philadelphia Photographer*, 1873.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1874, p. 65.

# CHAPITRE VII.

## DU TEMPS DE POSE.

### § 1er. — OBJETS EN REPOS.

**190. Définition.** — Lorsque l'on a convenablement choisi l'objectif, la chambre noire, le sujet à photographier et la surface sensible, il faut déterminer la durée d'action des radiations lumineuses. Cette détermination exacte est théoriquement difficile; il est cependant fort utile, pour la facilité des opérations ultérieures, de connaître, avec une certaine approximation, la durée du temps de pose. Les opérations photographiques auront été bien conduites si nous obtenons une image *fidèle* de l'objet à reproduire ; il y aura alors proportionnalité entre les éclats des diverses parties de l'objet et les éclats des parties correspondantes de l'épreuve.

On n'obtient pas généralement une image positive dans la chambre noire; on passe par l'intermédiaire d'un *cliché négatif* présentant des transparences variables. Nous admettrons que l'impression de l'épreuve positive donnera des tons sensiblement proportionnels aux transparences du cliché. Le problème de la détermination du temps de pose se réduit à celui-ci : *déterminer la durée de la pose de manière que les transparences des diverses parties du cliché soient inversement proportionnelles aux éclats des parties correspondantes de l'objet*[1].

Un objet à photographier est composé d'un nombre quelconque d'éléments :

$$p_1, \quad p_2, \quad p_3, \quad \ldots\ldots \quad p^n,$$

1. De la Baume-Pluvinel, *Le temps de pose*. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

qui présentent chacun un éclat différent et donnent sur la glace dépolie des images dont les illuminations lumineuses sont :

$$l_1, \quad l_2, \quad l_3, \quad \ldots\ldots \quad l_n,$$

et les illuminations actiniques :

$$a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \ldots\ldots \quad a_n,$$

illuminations actiniques qui dépendent : 1° des éclats intrinsèques actiniques $A_1$, $A_2$, ..... $A_n$ des divers éléments de l'objet quand le faisceau éclairant de composition déterminée a une intensité actinique totale égale à l'unité ; 2° de l'intensité actinique I du faisceau éclairant ; 3° de la distance D de l'objet à l'objectif ; 4° des angles $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$, ..... $\alpha_n$ que font les axes secondaires des éléments $p_1$, $p_2$, $p_3$, ..... $p_n$ avec l'axe principal de l'objectif ; 5° de la distance focale principale de l'objectif ; 6° de la clarté décimale C de l'objectif. Ces quantités étant déterminées, on démontre que les illuminations actiniques $a_1$, $a_2$, ..... $a_n$ seront déterminées par une série d'équations de la forme

$$a_n = A_n I \frac{(D - F)^2}{D^2} C \frac{\pi}{40} \cos^4 \alpha_n .$$

Après développement et fixage, on obtient sur le cliché un dépôt d'argent réduit, dépôt qui donne des transparences

$$\mathbf{T}_1, \quad \mathbf{T}_2, \quad \mathbf{T}_3, \quad \ldots\ldots \quad \mathbf{T}_n .$$

Or, ces transparences sont fonction de diverses quantités parmi lesquelles les plus importantes sont : 1° l'illumination actinique des divers éléments $a_1$, $a_2$, ..... $a_n$ ; 2° la durée d'action lumineuse ou temps de pose $t$ ; 3° la sensibilité de la plaque $s$ ; 4° l'épaisseur $\varepsilon$ de la couche sensible ; 5° le coefficient d'absorption $\mu$ de ladite couche ; 6° le coefficient d'absorption de cette même couche saturée de métal réduit $\nu$. Ces diverses quantités étant déterminées, on trouve par le calcul que les transparences $\mathbf{T}_1$, $\mathbf{T}_2$, ..... $\mathbf{T}_n$ sont données par des équations de la forme

$$\mathbf{T}_n = e^{-ta_n \frac{s\nu}{\mu}\left(1 - e^{-\mu\varepsilon}\right)} .$$

$e$ étant la base des logarithmes népériens. En posant

$$\frac{\nu}{\mu}\left(1 - e^{-\mu\varepsilon}\right) = k .$$

les équations précédentes prennent la forme

$$\mathbf{T}_n = e^{-ta_n ks}$$

et, en prenant les logarithmes des deux nombres,

$$\mathrm{L}\,\mathbf{T}_n = -\,ta_n\,ks\,.$$

Nous voulons que les transparences

$$\mathbf{T}_1\,,\quad \mathbf{T}_2\,,\quad \mathbf{T}_3\,,\quad \ldots\ldots\quad \mathbf{T}_n$$

soient inversement proportionnelles aux illuminations actiniques

$$a_1\,,\quad a_2\,,\quad a_3\,,\quad \ldots\ldots\quad a_n\,.$$

Il faudra donc que l'on ait

$$\frac{\mathbf{T}_1}{\mathbf{T}_2} = \frac{a_2}{a_1}\,,\quad \frac{\mathbf{T}_2}{\mathbf{T}_3} = \frac{a_3}{a_2}\,,\quad \frac{\mathbf{T}_3}{\mathbf{T}_4} = \frac{a_4}{a_3}\,,\quad \ldots\ldots\quad \frac{\mathbf{T}_{n-1}}{\mathbf{T}_n} = \frac{a_n}{a_{n-1}}\,,$$

ou bien

$$\mathbf{T}_1 a_1 = \mathbf{T}_2 a_2 = \mathbf{T}_3 a_3 \ldots\ldots = \mathbf{T}_n a_n\,,$$

et, en prenant les logarithmes,

$$\mathrm{L}\,\mathbf{T}_1 + \mathrm{L}\,a_1 = \mathrm{L}\,\mathbf{T}_2 + \mathrm{L}\,a_2 = \mathrm{L}\,\mathbf{T}_3 + \mathrm{L}\,a_3 \ldots\ldots = \mathrm{L}\,\mathbf{T}_n + \mathrm{L}a_n\,,$$

ou bien

$$\mathrm{L}\,a_1 - ta_1\,ks = \mathrm{L}\,a_2 - ta_2\,ks \ldots\ldots = \mathrm{L}\,a_n - ta_n\,ks\,.$$

On a donc $n-1$ équation déterminant en général $n-1$ temps de pose $t$ pour reproduire fidèlement les $n-1$ éléments $p$. En pratique, on peut admettre que le nombre des éléments d'éclat différent se réduit à deux, et pour ces deux éléments on choisit les deux parties les plus importantes du sujet à photographier. Dans cette hypothèse, la valeur de $t$ sera déterminée par la condition que ces deux parties seront reproduites avec leurs valeurs relatives; l'équation qui donnera le temps de pose sera alors

$$\mathrm{L}\,a_1 - ta_1\,ks = \mathrm{L}\,a_2 - ta_2\,ks\,,$$

d'où

$$t = \frac{\mathrm{L}\,a_1 - \mathrm{L}\,a_2}{k(a_1 - a_2)s}\,;$$

mais les illuminations actiniques $a_1$, $a_2$ sont données par des équations telles que

$$a_n = \mathrm{A}_n\mathrm{I}\,\frac{(\mathrm{D}-\mathrm{F})^2}{\mathrm{D}^2}\,\mathrm{C}\,\frac{\pi}{40}\cos^4\alpha_n\,;$$

par conséquent,

$$t = \frac{\mathrm{L}\,\mathrm{A}_1\cos^4\alpha_1 - \mathrm{L}\,\mathrm{A}_2\cos^4\alpha_2}{\mathrm{A}_1\cos^4\alpha_1 - \mathrm{A}_2\cos^4\alpha_2}\,\frac{1}{k}\,\frac{40}{\pi}\,\frac{1}{\mathrm{I}}\,\frac{1}{\mathrm{C}}\,\frac{1}{s}\,\frac{\mathrm{D}^2}{(\mathrm{D}-\mathrm{F})^2}\,.$$

Pour simplifier, désignons par

$$\frac{1}{E} = \frac{L A_1 \cos^4 \alpha_1 - L A_2 \cos^4 \alpha_2}{A_1 \cos^4 \alpha_1 - A_2 \cos^4 \alpha_2} \frac{1}{k} \frac{40}{\pi}.$$

La formule du temps de pose est donc :

$$t = \frac{1}{E} \frac{1}{I} \frac{1}{C} \frac{1}{s} \frac{D^2}{(D - F)^2}.$$

On obtiendra donc le temps de pose en faisant le produit de ces cinq facteurs ou coefficients.

**191. Détermination numérique des coefficients.** — 1° On pourrait déterminer pratiquement les diverses quantités qui entrent dans l'expression du coefficient d'éclat $\frac{1}{E}$. Cette détermination est pratiquement inutile; on se borne à chercher la valeur de ce coefficient dans quelques circonstances qui se présentent habituellement. On a trouvé les nombres suivants pour la valeur de $\frac{1}{E}$.

| | |
|---|---|
| Nuages blancs | 0,0005 |
| Mer | 0,001 |
| Neige | 0,001 |
| Glaciers (glace bleue dans les Pyrénées) | 0,002 |
| Bateaux en mer | 0,003 |
| Vue panoramique, paysage ordinaire | 0,004 |
| Verdure avec monuments blancs | 0,005 |
| Verdure rapprochée seule, sujets animés, etc. | 0,01 |
| Reproduction de traits noirs sur fond blanc | 0,02 |

**192. Coefficient d'éclairage.** — Le coefficient d'éclairage $\frac{1}{I}$ est l'inverse de l'intensité actinique du faisceau qui éclaire l'objet. On prend pour unité l'intensité maxima que peut acquérir à Paris un faisceau de rayons solaires. Le tableau des coefficients d'éclairage **192 — A** montre que si ce coefficient est 1 en plein soleil, il est égal à 4 à l'ombre par un ciel serein, et qu'il peut varier de 4 à 10 si le ciel est couvert. Dans un atelier, le coefficient est 12 en moyenne, etc. Nous avons supposé que la source de lumière était placée à 1 mètre de l'objet éclairé.

Les coefficients d'éclairage de la lumière solaire varient avec l'époque de l'année. Bunsen et Roscoe ont fait des mesures qui ont permis d'établir la variation du coefficient d'éclairage. La table des coefficients (**192 — B**) et facteurs d'éclairage en fonction de la hauteur du soleil donnera donc ces coefficients quand on connaîtra la hauteur du soleil, hauteur qui varie suivant les circonstances. Désignons par $\lambda$ la latitude du lieu où l'on opère, $\delta$ la déclinaison du soleil et $\alpha$ son angle horaire le jour et à l'heure considérée, la hauteur $h$ sera donnée par la formule

$$\sin h = \cos \alpha \cos \lambda \cos \delta + \sin \lambda \sin \delta.$$

## Coefficients d'éclairage

(D'après Eder, Abney et Vogel).

**192 — A**

| SOURCES DE LUMIÈRES | COEFFICIENTS d'éclairage. |
|---|---|
| Lumière directe du soleil, le 21 juin, à midi, à Paris | 1 |
| Lumière diffusée par un ciel serein | 4 |
| Lumière diffusée par un ciel couvert | 4 à 10 |
| Lumière tamisée par les feuilles (sous bois) | 270 |
| Lumière d'un atelier | 12 |
| Dans un appartement à un mètre d'une fenêtre | 70 |
| Dans une église bien éclairée | 200 |
| Lampe électrique à arc (*) | 36 |
| Lampe électrique à incandescence d'Edison ou de Swan | 1,800 |
| Lampe électrique alimentée par une batterie Grove de 14 éléments | 50,000 |
| Lampe électrique alimentée par une batterie Grove de 20 éléments | 4,700 |
| Lampe électrique alimentée par une batterie Grove de 24 éléments | 1,600 |
| 380 lampes à incandescence alimentées chacune par 24 éléments Grove produisent le même effet que la lumière diffusée par un ciel serein | 4 |
| Lumière oxhydrique ordinaire | 50 |
| Lumière oxhydrique alimentée par de l'oxygène, sous une pression de $5^{at}\frac{1}{2}$ | 7 |
| Fil de magnésium plat de $0^{mm}3$ de largeur | 14 |
| Fil de magnésium plus fort | 5 |
| Lampe à huile ordinaire | 2,250 |
| Lampe à huile alimentée par un courant d'oxygène | 400 |
| Bec de gaz papillon | 1,000 |
| Lampe à pétrole à mèche ronde | 2,250 |
| Bougie de paraffine ou de stéarine | 18,000 |
| Chandelle | 26,000 |

(*) Nous supposons toujours que la source de lumière est placée à un mètre de l'objet éclairé.

## Coefficients et facteurs d'éclairage en fonctions de la hauteur du Soleil

(D'après les expériences de Bunsen et de Roscoë).

**192 — B**

| HAUTEUR du Soleil au-dessus de l'horizon. | SOMME des forces chimiques du Soleil et de la lumière diffusée par le ciel. | COEFFICIENTS d'éclairage. | FORCE chimique de la lumière diffusée par le ciel. | FACTEURS d'éclairage. |
|---|---|---|---|---|
| 0° | 3,1 | 55,5 | 3,1 | 14,0 |
| 10 | 17,1 | 9,4 | 15,1 | 2,7 |
| 20 | 52,6 | 3,1 | 24,7 | 1,6 |
| 30 | 91,9 | 1,7 | 31,7 | 1,3 |
| 40 | 122,8 | 1,3 | 36,1 | 1,1 |
| 50 | 145,5 | 1,1 | 38,1 | 1,1 |
| 60 | 160,7 | 1,0 | 39,1 | 1,0 |
| 70 | 170,8 | 0,9 | 39,6 | 1,0 |
| 80 | 176,4 | 0,9 | 39,7 | 1,0 |
| 90 | 178,1 | 0,9 | 39,7 | 1,0 |

**Coefficients d'éclairage en fonction du jour de l'année, de l'heure de la journée.**

**192 — C**

| ↓ | JANVIER | | FÉVRIER | | MARS | | AVRIL | | MAI | | JUIN | | Soir. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-29 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | |
| h. m. | | | | | | | | | | | | | h. m. |
| 4,00 | | | | | | | | | | | | 30 | 8,00 |
| 30 | | | | | | | | | | | 30 | 15 | 30 |
| 5,00 | | | | | | | | | 30 | 15 | 14 | 10 | 7,00 |
| 30 | | | | | | | 30 | 24 | 15 | 12 | 8 | 6 | 30 |
| 6,00 | | | | | | 30 | 15 | 12 | 8 | 6 | 5 | 4 | 6,00 |
| 30 | | | | 30 | 15 | 12 | 8 | 6 | 4 | 3,5 | 3 | 3 | 30 |
| 7,00 | | | 30 | 15 | 12 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 2,3 | 2 | 5,00 |
| 30 | | 30 | 15 | 12 | 6 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,7 | 30 |
| 8,00 | 30 | 15 | 10 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 4,00 |
| 30 | 15 | 12 | 7 | 4 | 3 | 2 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 30 |
| 9,00 | 10 | 6 | 4 | 3,5 | 2,1 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 3,00 |
| 30 | 7 | 5 | 3 | 2,5 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 30 |
| 10,00 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 2,00 |
| 30 | 4 | 3,5 | 2,5 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 30 |
| 11,00 | 4 | 3,5 | 2,5 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1,00 |
| 30 | 3,5 | 3 | 2,5 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 30 |
| midi | 3,5 | 3 | 2,5 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | midi |
| Matin. | 15-31 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | ↑ |
| | DÉCEMBRE | | NOVEMBRE | | OCTOBRE | | SEPTEMBRE | | AOUT | | JUILLET | | |

**Facteurs d'éclairage en fonction du jour de l'année et de l'heure de la journée.**

**192 — D**

| ↓ | JANVIER | | FÉVRIER | | MARS | | AVRIL | | MAI | | JUIN | | Soir. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-29 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | |
| h. m. | | | | | | | | | | | | | h. m. |
| 4,00 | | | | | | | | | | | | 7,5 | 8,00 |
| 30 | | | | | | | | | | | 7,5 | 5 | 30 |
| 5,00 | | | | | | | | | 7,5 | 5 | 3,7 | 3,5 | 7,00 |
| 30 | | | | | | | | 6,2 | 3,7 | 3,2 | 2,7 | 2,5 | 30 |
| 6,00 | | | | | | 7,5 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,7 | 6,00 |
| 30 | | | | | 7,5 | 3,8 | 3,3 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 30 |
| 7,00 | | | | 7,5 | 3,8 | 3 | 2 | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 5,00 |
| 30 | | 7,5 | 6,2 | 3,8 | 3 | 2 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 30 |
| 8,00 | 7,5 | 4 | 3,5 | 3 | 2 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 4,00 |
| 30 | 4 | 3,5 | 3 | 2 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 30 |
| 9,00 | 3,5 | 3 | 2 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 3,00 |
| 30 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 30 |
| 10,00 | 2 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 2,00 |
| 30 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 30 |
| 11,00 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,00 |
| 30 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 30 |
| midi | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | midi |
| Matin. | 15-31 | 15-31 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-30 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | 15-31 | 1-15 | ↓ |
| | DÉCEMBRE | | NOVEMBRE | | OCTOBRE | | SEPTEMBRE | | AOUT | | JUILLET | | |

M. de la Baume-Pluvinel a calculé pour Paris les coefficients d'éclairage pour toutes les époques de l'année et pour les heures de la journée pendant lesquelles le soleil reste sur l'horizon, en supposant que les rayons solaires tombaient normalement sur l'objet à photographier (tableau **192 — C**). Il n'en est généralement pas ainsi. On doit alors multiplier les coefficients d'éclairage par le cosinus de l'angle que fait la normale à l'objet avec la direction des rayons incidents.

L'intensité de la lumière diffuse et l'intensité de la lumière directe ne décroissent pas suivant la même loi avec la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

La valeur des facteurs d'éclairage a été calculée par M. de la Baume-Pluvinel; les divers nombres du tableau (**192 — D**) qu'il a dressé donnent les coefficients d'éclairage corrigés de la hauteur du soleil.

Soit par exemple à photographier un modèle à trois heures du soir le 20 février, dans un atelier.

Dans la liste des coefficients d'éclairage nous trouvons 12; dans le tableau des facteurs d'éclairage nous trouvons 1,7; par suite $12 \times 17 = 2{,}04$, soit 2 pour coefficient d'éclairage corrigé.

**193. Coefficient de clarté.** — Nous avons vu (**162**) ce que nous entendions par coefficient décimal de clarté et comment on le déterminait facilement.

**Coefficients de sensibilité des diverses couches sensibles.**
(D'après **Eder**).

**194 — A**

| | COEFFICIENTS de SENSIBILITÉ | DURÉES comparées des temps de pose. |
|---|---|---|
| Plaque au gélatino-bromure d'argent marquant 25 au sensitomètre Warnerke | 1 | $1^s$ |
| » au collodion humide | 30 | $30^s$ |
| » au gélatino-chlorure d'argent développée au citrate de fer | 30 à 200 | $30^s$ à $3^m20^s$ |
| » au collodio-bromure d'argent | 50 à 250 | $50^s$ à $4^m$ |
| » au collodion sec développée à l'acide pyrogallique | 300 | $5^m$ |
| » de daguerréotype | 500 à 1500 | $8^m20^s$ à $25^m$ |
| Papier au platine | 50.000 | $27^h$ |
| » au charbon | 25.000 à 90.000 | $7^h$ à $25^h$ |
| » albuminé sensibilisé | 75.000 à 300.000 | $20^h$ à $80^h$ |

**194.** Le *coefficient de sensibilité* absolu $\frac{1}{s}$ d'une couche sensible est mesuré par la quantité de lumière que doit recevoir une tranche infiniment

mince de cette couche pour que la matière sensible qu'elle contient puisse être intégralement décomposée par le révélateur (tableaux **194 — A** et **B**). La *sensibilité s* d'une préparation sensible est l'inverse de son coefficient de sensibilité. Le coefficient de sensibilité relatif de deux couches sensibles est égal au rapport de leurs coefficients de sensibilité absolus. Nous verrons plus tard comment, à l'aide d'instruments appelés *sensitomètres*, on peut mesurer les coefficients de sensibilité relatifs des plaques photographiques, pour comparer la sensibilité des plaques préparées au gélatino-bromure d'argent. Le sensitomètre le plus employé est celui de Warnerke, instrument que nous décrirons en traitant de la préparation des plaques au gélatino-bromure. M. de la Baume-Pluvinel a dressé un tableau (**194 — C**) indiquant les coefficients de sensibilité relatifs de deux plaques lorsqu'on connait le degré qu'elles marquent au sensitomètre Warnerke. Par exemple, si l'on veut avoir le coefficient de sensibilité de la plaque B marquant 19 par rapport à la plaque A marquant 23, on cherchera à l'intersection de la colonne 19 par la ligne 23; on trouve 3,2. Ce nombre indique que si l'on pose 1 seconde avec la plaque A, il faudra 3s,2 avec la plaque B. Inversement, si l'on pose 1 seconde avec la plaque B, on trouve à l'intersection de la colonne 23 et de la ligne 19 le nombre 0s,32 indiquant dans ce cas le temps de pose nécessité par la plaque A.

**Coefficients de sensibilité déterminés à l'aide du sensitomètre Warnerke.**

**194 — B**

| NUMÉRO marqué par la plaque. | COEFFICIENT de sensibilité : $\left(\frac{4}{3}\right)^{25-N}$ | NUMÉRO marqué par la plaque. | COEFFICIENT de sensibilité : $\left(\frac{4}{3}\right)^{25-N}$ |
|---|---|---|---|
| 10 | 75,0 | 18 | 7,5 |
| 11 | 56,2 | 19 | 5,6 |
| 12 | 42,2 | 20 | 4,2 |
| 13 | 31,6 | 21 | 3,2 |
| 14 | 23,7 | 22 | 2,4 |
| 15 | 17,8 | 23 | 1,8 |
| 16 | 13,3 | 24 | 1,3 |
| 17 | 10,0 | 25 | 1,0 |

**195. Coefficient de distance.** — Le coefficient de distance

$$\frac{D^2}{(D - F)^2}$$

peut s'écrire

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{F}{D}\right)^2}.$$

**Rapport des coefficients de sensibilité de deux plaques.**

**194 — C**

| NUMÉRO INDIQUÉ PAR LA PLAQUE *A* | NUMÉRO INDIQUÉ PAR LA PLAQUE *B* | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 |
| 25 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13,3 | 17,8 | 23,7 | 31,6 | 42,2 | 56,2 | 75,0 |
| 24 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13,3 | 17,8 | 23,7 | 31,6 | 42,2 | 56,2 |
| 23 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13,3 | 17,8 | 23,7 | 31,6 | 42,2 |
| 22 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13.3 | 17,8 | 23,7 | 31,6 |
| 21 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13,3 | 17,8 | 23,7 |
| 20 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1.8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 | 13,3 | 17,8 |
| 19 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7'5 | 10,0 | 13,3 |
| 18 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 | 10,0 |
| 17 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 | 7,5 |
| 16 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,6 |
| 15 | 0,056 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 |
| 14 | 0,042 | 0,056 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,2 |
| 13 | 0,032 | 0,042 | 0,056 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,4 |
| 12 | 0,023 | 0,032 | 0,042 | 0,056 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 | 1,8 |
| 11 | 0,018 | 0,023 | 0,032 | 0,042 | 0,056 | 0,075 | 0,1 | 0,13 | 5,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 | 1,3 |
| 10 | 0,013 | 0,018 | 0,023 | 0,032 | 0,042 | 0,056 | 0.075 | 0,1 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,55 | 0,77 | 1,0 |

On voit que si D augmente, le coefficient de distance, et par suite le temps de pose, diminuent ; donc, les objets éloignés demandent un temps de pose plus court que celui nécessité par les objets rapprochés, résultat conforme à l'expérience. Lorsque D est très grand par rapport à F, le coefficient de distance devient sensiblement égal à l'unité. On négligera le coefficient de distance pour des objets placés à une distance de l'objectif supérieure à dix fois la distance focale de l'objectif ; on en tiendra compte au contraire lorsque l'objet sera plus près de l'objectif. Les coefficients de distance ont été calculés par M. de la Baume-Pluvinel (tableau **195 — A**).

**196. Application. — Formule abrégée du temps de pose.** — Les divers tableaux que nous avons reproduits permettent de calculer le temps de pose dans des cas en apparence très compliqués. Supposons qu'il s'agisse d'obtenir une épreuve agrandie d'une image photographique placée à 0m20 de l'objectif : l'objectif a 0m15 de foyer, son rapport de clarté est $\frac{1}{32}$. L'objet à reproduire placé en plein air reçoit la lumière diffusée par un ciel serein le 20 septembre, à trois heures du soir.

La plaque sensible marque 23° Warnerke.

1° Coefficient d'éclat (traits noirs sur fond blanc)..... 0,02
2° Coefficient d'éclairage (lumière diffusée par un ciel serein). 4.
3° Facteur d'éclairage..... 1,4
4° Coefficient de clarté..... 102,4
5° Coefficient de sensibilité..... 1,8
6° Coefficient de distance..... 1,6

**Tableau des coefficients de distance.**

**195 — A**

| Distances focales principales en centimètres. | DISTANCES DE L'OBJET A L'OBJECTIF, EN MÈTRES | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,75 | 1,0 | 1,25 | 1,50 | 2,0 | 2,50 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| 10 | 9,0 | 4,0 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| 15 | » | 16,0 | 4,0 | 2,6 | 2,0 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 |
| 20 | » | » | 9,0 | 4,0 | 2,8 | 1,9 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 25 | » | » | 36,0 | 7,1 | 4,0 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| 30 | » | » | » | 16,0 | 6,2 | 2,8 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| 35 | » | » | » | 64,0 | 11,1 | 3,5 | 2,4 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| 40 | » | » | » | » | 25,0 | 4,6 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |
| 45 | » | » | » | » | 100,0 | 6,2 | 3,3 | 2,4 | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 50 | » | » | » | » | » | 9,0 | 4,0 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 55 | » | » | » | » | » | 14,1 | 4,9 | 3,2 | 2,5 | 1,9 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,3 |
| 60 | » | » | » | » | » | 25,0 | 6,2 | 3,5 | 2,8 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 |

Le temps de pose sera donc

$$0,02 \times 4 \times 1,4 \times 102,4 \times 1,8 \times 16 = 330^s,22 = 5^m30^s,22.$$

La valeur ainsi déterminée donnera de bons résultats. Mais la nature du développement d'une part, les quantités qui entrent dans la formule d'autre part et qui échappent à une mesure précise font qu'en prenant des nombres exacts, la précision obtenue est pratiquement illusoire. C'est pourquoi il convient en pratique d'employer une formule abrégée du temps de pose.

Nous avons vu (**176**) que si l'on voulait admettre que toutes les plaques aient le même coefficient de sensibilité et que si l'on opérait à plus de dix fois la distance focale principale de l'objectif, les coefficients de sensibilité et de distances n'interviennent pas sensiblement. Les coefficients d'éclat et d'éclairage peuvent être réunis en seul, qui sera le *coefficient intrinsèque* L de l'objet. La formule se réduit alors à

$$t = L \times \frac{1}{G}.$$

Le tableau des coefficients intrinsèques (**196 — A**) permettra de calculer très rapidement la valeur du temps de pose quand on connaîtra le coefficient de clarté.

**197. Détermination expérimentale du temps de pose.** — M. Dessoudeix a construit, sur les indications de M. L. Vidal, un

appareil peu volumineux, qui permet de faire des essais sur l'objet à photographier en employant des plaques identiques à celles qui serviront à obtenir l'image définitive.

**Coefficients intrinsèques.**

**196 — A**

| DÉSIGNATION DES SUJETS | SOLEIL | | LUMIÈRE DIFFUSE | | TEMPS gris et sombre |
|---|---|---|---|---|---|
| | Plein du jour | Matin et soir. | Plein du jour | Matin et soir. | |
| Grande vue panoramique, glaciers, vues marines | 0,005 | 0,01 | 0.01 | 0,02 | 0,03 |
| Grande vue panoramique avec masses de verdure | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,06 |
| Vue avec premiers plans bien éclairés et vue avec monuments blancs | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0.04 | 0,06 |
| Vue avec premiers plans peu éclairés et vue avec monuments sombres | 0,015 | 0.03 | 0,03 | 0,06 | 0,09 |
| Dessous de bois, bords de rivières ombragés, excavations de rochers, etc. | 0,05 | 0,1 | 0,12 | 0,2 | 0,3 |
| Sujets animés, groupes et portraits en plein air | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0.12 | 0,2 |
| Sujets animés, groupes et portraits, très près d'une fenêtre ou sous un abri | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,24 | 0,4 |
| Reproductions et agrandissements de photographies, gravures, etc. | 0,03 | 0.06 | 0,06 | 0,12 | 0,25 |

Le plein du jour se compte, en été, de 9 heures à 4 heures; en hiver, de 11 heures à 2 heures.

On peut sans appareil spécial et à la condition d'employer quelques plaques sensibles déterminer expérimentalement le temps de pose nécessité par un objet quelconque. Après avoir remplacé la glace dépolie par le châssis contenant la glace sensible, on ouvre en partie le volet, de manière à ne découvrir que le cinquième de la plaque; on démasque l'objectif pendant une seconde, puis on tire de nouveau le volet de manière à découvrir les deux cinquièmes de la plaque; on ouvre encore l'objectif pendant une seconde et l'on continue ainsi de suite jusqu'à ce que toute la plaque ait été exposée : elle présente alors cinq bandes qui ont été impressionnées pendant 1 à 5 secondes. On reconnaîtra au développement quelle est la bande qui donne l'image la plus satisfaisante. Pour compter le temps lorsque la durée de la pose doit être prolongée pendant quelques secondes, le moyen le plus simple consiste à prononcer un certain nombre de syllabes pendant que l'objectif reste ouvert. L'expérience apprend que l'on peut en moyenne prononcer distinctement quatre syllabes, à la suite l'une de l'autre, dans un espace de 1 seconde. Si donc on veut poser 4 secondes par exemple, on prononcera distinc-

tement, sans interruption, seize syllabes, soit quatre fois le mot « pho-to-gra-phie[1] ». Pour des temps de pose très longs, on observe, soit une montre à seconde, soit un pendule, soit un métronome.

M. L. Vidal, dans ses *Tables photométriques*[2], a donné l'un des premiers des indications assez précises pour calculer le temps de pose. Dans ces derniers temps, M. Clément[3] a décrit une méthode empirique très suffisamment exacte pour la pratique. M. de la Baume-Pluvinel[4], dont nous venons de résumer les travaux, est, croyons-nous, le premier auteur qui ait analysé d'une façon complète les conditions multiples qui interviennent dans l'appréciation du temps de pose. Enjalbert[5], Decoudun[6] et plusieurs autres constructeurs ont imaginé des appareils qui donnent d'une manière approchée la valeur du temps de pose. Certains auteurs, parmi lesquels il convient de citer M. le Dr Le Bon, trouvent qu'il n'y a aucun intérêt à donner des tables de temps de pose suivant la nature des objectifs[7]. Il est clair que si l'on se contente d'un cliché auquel on ne demande que des documents scientifiques, ou bien si le développement des plaques doit être fait par un opérateur extraordinairement habile, on peut, à l'aide des *plaques au gélatino-bromure*, obtenir aujourd'hui des clichés passables avec des temps de pose quinze fois plus longs qu'il n'est utile. Il y a longtemps que H. Vogel[8] a appelé l'attention sur ce fait en montrant, de plus, comment il convenait de conduire les opérations lorsqu'il n'était pas possible d'apprécier la durée du temps de pose, ou bien lorsque l'on manquait d'indications sur la durée d'exposition d'une plaque. Avec les révélateurs actuels, l'opération est assez facile; mais il est certain que, si la durée d'exposition de la plaque sensible a été exacte, le cliché sera plus beau que si la durée de la pose a été dépassé et surtout que si cette durée a été trop courte. En pratique, pour la photographie d'objets qui ne sont pas en mouvement, il vaut mieux dépasser le temps de pose nécessaire si l'on emploie des plaques au gélatino-bromure de bonne fabrication; il vaut mieux opérer ainsi que de recourir à la méthode empirique qui consiste à juger par habitude, par routine. Ce procédé peut donner de bons résultats, mais ne saurait satisfaire l'opérateur scrupuleux qui veut se rendre un compte exact de toutes les opérations qu'il exécute et qui se considère comme autre chose qu'une simple machine.

1. De la Baume-Pluvinel, *Le temps de pose.*
2. *Calcul du temps de pose.*
3. *Méthode pratique pour déterminer exactement le temps de pose en photographie.*
4. *Le temps de pose.*
5. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 129.
6. *Ibid.*, juin 1888.
7. *Les levers photographiques et la photographie en voyage*, p. 85.
8. *British journal of Photography*, 1884, n° 1265.

§ 2. — PHOTOGRAPHIE DES OBJETS EN MOUVEMENT.

**198. Temps de pose effectif, temps de pose utile, durée d'impressionnement, rendement.** — Quelle que soit la durée du temps de pose, on peut la diviser en trois périodes : la période d'*ouverture* pendant laquelle l'objectif est découvert graduellement; la période d'*ouverture totale* pendant laquelle l'objectif reste complètement decouvert, et enfin la période de *fermeture*. C'est pendant cette dernière que l'objectif se recouvre peu à peu. L'ensemble de ces trois périodes constitue le *temps de pose effectif* que nous désignerons par T.

Pendant les trois périodes comprises dans l'intervalle de temps T une certaine quantité de radiations L traverse l'objectif. Il est clair que cette même quantité de radiations pourrait être introduite dans l'appareil, quelle que soit la durée des phases d'ouverture et de fermeture. En particulier, si l'on supposait que les périodes d'ouverture et de fermeture étaient nulles, la quantité de lumière L serait introduite en un temps $\tau$ tel que $\tau < T$ ; $\tau$ est le *temps de pose utile*.

Le rapport $\frac{\tau}{T}$ du temps de pose utile au temps de pose effectif est le *rendement* de l'obturateur.

Nous avons établi une formule indiquant le temps de pose nécessaire pour obtenir une image harmonieuse ; ce temps est :

$$t = \frac{1}{E}\frac{1}{I}\frac{1}{C}\frac{1}{s}\frac{D^2}{(D-F)^2}.$$

Nous avons supposé que l'objectif restait ouvert pendant la durée $t$ de la pose : le temps de pose $t$ est donc un temps de pose utile.

L'expérience montre que, au début de la période d'ouverture et à la fin de la période de fermeture d'un objectif, l'image lumineuse reçue par la plaque est trop peu intense pour laisser sur la couche sensible une impression capable d'être développée. On peut donc, à un autre point de vue, diviser le temps de pose effectif en trois périodes : 1° au début, pas d'action sur la plaque sensible; 2° production d'image qui apparaît sous l'influence du révélateur; 3° pas d'action. La seconde période est ce que l'on peut appeler la *durée d'impressionnement*. Cette durée est inférieure à celle du temps de pose

effectif; elle s'en rapproche cependant à mesure que l'objet à photographier devient de plus en plus lumineux, pour des plaques de *même sensibilité*.

**199. Objets en mouvement.** — La formule précédente a été établie en supposant que pendant la durée de la pose la surface de diffusion tolérée $\omega$ restait constante et agissait sur la même portion de la plaque sensible; en d'autres termes, nous avons admis que l'objet à photographier était immobile. Dans cette hypothèse, nous avons pu fixer la durée $t$ d'exposition de la plaque, de manière que les divers tons de l'objet soient représentés avec leurs valeurs relatives.

Il n'en est plus de même si nous supposons l'objet en mouvement. Quelle que soit la durée du temps de pose, à un déplacement d'un

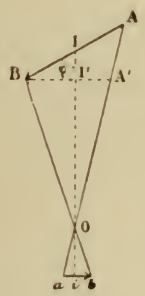



Fig. 357.

point de l'objet correspondra un déplacement d'un point de l'image : au lieu d'avoir sur la plaque sensible un point, nous aurons une petite ligne, ou une trainée plus ou moins longue. Il en sera de même pour les divers points de l'image : ces trainées empiétant les unes sur les autres, les contours de l'image ne seront pas définis, l'objet ne sera pas reconnaissable, à moins que la trainée laissée par ces petites lignes puisse être considérée comme un point.

Il faut donc que l'impression laissée sur la plaque sensible par un point en mouvement soit vue sous un angle égal au plus à 1′ : l'effet produit sur l'œil de l'observateur sera le même que celui produit par un point. Dans ces conditions, l'image pourra être considérée comme nette.

**200. Conditions de netteté.** — Nous distinguerons deux cas : 1° l'image

doit être examinée à distance de la vision distincte; 2° l'image doit être agrandie.

1° Si l'image doit être examinée à distance de la vision distincte, on peut admettre pour longueur de la traînée laissée par un point de l'image $\omega = 0^{m}0002$.

Soit un objet se déplaçant de A en B (*fig. 357*) pendant le temps T que l'objectif reste découvert. La vitesse de translation de l'objet est V, la direction du mouvement dont il est animé fait un angle $\varphi$ avec l'axe de l'objectif, la longueur focale principale est F et sa distance à l'objet D. Soit $ab$ le déplacement de l'image correspondant au déplacement AB de l'objet, on a

$$\frac{A'B}{ab} = \frac{OI'}{Oi}.$$

On peut admettre que l'on a très sensiblement

$$A'B = AB \sin\varphi = VT \sin\varphi, \quad OI' = D, \quad Oi = \frac{DF}{D-F}, \quad ab = \omega.$$

On en déduit

$$T = \frac{D-F}{F}\,\frac{\omega}{V \sin\varphi}. \tag{1}$$

En désignant par O et I les dimensions de l'image et de l'objet, on a (**172**)

$$\frac{O}{I} = \frac{D-F}{F},$$

par suite

$$T = \frac{O}{I}\,\frac{\omega}{V \sin\varphi}. \tag{2}$$

En général, la distance D est considérable par rapport à F : *le temps de pose est donc proportionnel à la distance de l'objet;* il est proportionnel à la longueur de la traînée tolérée $\omega$ et inversement proportionnel à F, V, $\sin\varphi$.

L'importance de cette formule est considérable pour la photographie des objets en mouvement. Elle montre que pour avoir une image *nette* il faut employer des objectifs dont la longueur focale soit aussi réduite que possible; l'axe de l'objectif doit être placé dans une direction oblique par rapport à la direction du mouvement du sujet.

Il est nécessaire, pour appliquer cette formule, de connaître la vitesse de translation des divers sujets à photographier. Le tableau **200 — A** donne ces diverses vitesses pour l'ensemble de l'objet à photographier, mais non pour chacune de ses parties qui peuvent être animées de mouvements beaucoup plus rapides, et dont la vitesse maxima est au moins double de la vitesse de translation de l'objet. Considérons, par exemple, un véhicule roulant attelé d'un cheval : la vitesse de translation du véhicule est égale à la vitesse de déplacement du corps du cheval; mais la vitesse de déplacement d'un point d'une roue est égale à la vitesse de translation du véhicule augmentée ou diminuée de la vitesse de rotation de ce point. La

roue s'appliquant sur le chemin qu'elle parcourt, un point quelconque de sa périphérie possède une vitesse de rotation égale à la vitesse de translation du véhicule. Au point de contact de la roue et du sol, les vitesses de translation et de rotation étant dirigées en sens inverses, la vitesse de déplacement du point de contact est nulle. Ce point de contact est alors *un centre instantané de rotation*. Au contraire, au point de la roue diamétralement opposé, les deux vitesses sont dirigées dans le même sens : elles s'ajoutent, et le déplacement est égal au *double de la translation*. Donc, pour avoir l'image de la roue suffisamment nette dans toutes ses parties, il faudra, dans la formule, doubler les valeurs de V[1].

**Vitesses de déplacement de divers sujets photographiques**

(D'après M. James Jackson).

**200 — A.**

| DÉSIGNATION DES SUJETS | VITESSE mètres en une seconde |
|---|---|
| Piéton gravissant une montagne | 0,1 |
| Homme au pas faisant 4 kilomètres à l'heure | 1,11 |
| Homme au pas faisant 6 kilomètres à l'heure | 1,66 |
| Coureur à pied | 5,77 |
| Homme à la nage | 1,10 |
| Vélocipédiste | 9 |
| Patineur exercé | 12 |
| Cheval au pas faisant 6 kilomètres à l'heure | 1,66 |
| Cheval au trot faisant 16 kilomètres à l'heure | 3,9 |
| Cheval au galop faisant 30 kilomètres à l'heure | 8,3 |
| Cheval de course | 18 |
| Tramway | 3 |
| Chameau | 5 |
| Lévrier | 25 |
| Pigeon voyageur | 27 |
| Hirondelle | 67 |
| Martinet | 89 |
| Train express faisant 75 kilomètres à l'heure | 20,83 |
| Train omnibus faisant 25 kilomètres à l'heure | 6,9 |
| Bateau à l'aviron | 6 |
| Bateau à vapeur filant 9 nœuds à l'heure | 4,63 |
| Bateau à vapeur filant 17 nœuds à l'heure | 8,75 |
| Torpilleur à vapeur filant 21,76 nœuds à l'heure | 11,19 |
| Rivière à cours rapide | 4 |
| Vague de 30 mètres d'amplitude par une profondeur de 300 mètres | 7 |
| Vague de tempête dans l'Océan | 20 |
| Pierre lancée avec force | 16 |
| Corps tombant après 2 secondes de chute | 19,62 |
| Balle de fusil | 385 |
| Explosion de coton-poudre (Abel et Nobel) | 5.500 |

Le tableau **200 — B** donne la réduction des fractions ordinaires de seconde en fractions décimales.

L'angle $\varphi$, formé par l'axe principal de l'objectif avec la direction de l'objet se mesure approximativement; voici les diverses valeurs de sin $\varphi$ pour les valeurs de l'angle $\varphi$ :

15° ... 0,26 , 45° ... 0,71 , 75° ... 0,97 ,
30° ... 0,50 , 60° ... 0,87 , 90° ... 1,00 ,

1. De la Baume-Pluvinel, *Le temps de pose*, p. 72.

La formule et les tableaux que nous donnons servent à déterminer soit la limite supérieure de durée du temps de pose, soit la distance, la position plus ou moins oblique du modèle par rapport à l'axe de l'objectif, la netteté réalisable dans certains cas, etc.

**200 — B**

| FRACTIONS ordinaires. | FRACTIONS décimales. | FRACTIONS ordinaires. | FRACTIONS décimales. | FRACTIONS ordinaires. | FRACTIONS décimales. | FRACTIONS ordinaires. | FRACTIONS décimales. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{1}{2}$ | 0,5000 | $\frac{1}{45}$ | 0,0222 | $\frac{1}{90}$ | 0,0111 | $\frac{1}{170}$ | 0,0059 |
| $\frac{1}{5}$ | 0,2000 | $\frac{1}{50}$ | 0,0200 | $\frac{1}{95}$ | 0,0105 | $\frac{1}{180}$ | 0,0056 |
| $\frac{1}{10}$ | 0,1000 | $\frac{1}{55}$ | 0,0182 | $\frac{1}{100}$ | 0,0100 | $\frac{1}{190}$ | 0,0053 |
| $\frac{1}{15}$ | 0,0667 | $\frac{1}{60}$ | 0,0167 | $\frac{1}{110}$ | 0,0091 | $\frac{1}{200}$ | 0,0050 |
| $\frac{1}{20}$ | 0,0500 | $\frac{1}{65}$ | 0,0154 | $\frac{1}{120}$ | 0,0083 | $\frac{1}{250}$ | 0,0040 |
| $\frac{1}{25}$ | 0,0400 | $\frac{1}{70}$ | 0,0143 | $\frac{1}{130}$ | 0,0077 | $\frac{1}{300}$ | 0,0033 |
| $\frac{1}{30}$ | 0,0333 | $\frac{1}{75}$ | 0,0133 | $\frac{1}{140}$ | 0,0081 | $\frac{1}{350}$ | 0,0029 |
| $\frac{1}{35}$ | 0,0286 | $\frac{1}{80}$ | 0,0125 | $\frac{1}{150}$ | 0,0067 | $\frac{1}{400}$ | 0,0025 |
| $\frac{1}{40}$ | 0,0250 | $\frac{1}{85}$ | 0,0118 | $\frac{1}{160}$ | 0,0062 | $\frac{1}{500}$ | 0,0020 |

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'obtenir l'image nette d'un cheval au galop; combien devra durer le temps de pose effectif T, en supposant : 1° que l'axe de l'objectif fasse un angle de 45° avec la direction du mouvement du cheval; 2° que l'image du cheval ait $0^m01$ de hauteur? Nous supposons que la hauteur du cheval à photographier soit égale à $1^m60$.

Pour appliquer la formule (2), nous avons

$$\frac{O}{I} = 160, \qquad V = 8^m, \qquad \sin\varphi = 0{,}7, \qquad \omega = 0^m0002,$$

$$T = 160\,\frac{0{,}0002}{8 \times 0{,}7} = \frac{1}{185}.$$

Donc, l'obturateur pourra rester ouvert pendant $\frac{1}{185}$ de seconde.

2° Si l'image doit être agrandie, il faudra faire $\omega \leqq 0^m0001$.

Pizzighelli a calculé le tableau **200 — C** pour la distance approximative de l'objet à l'objectif, la netteté étant $\omega = 0^m0001$.

**201. Conditions d'harmonie.** — Il ne suffit pas que l'image photographique soit nette; il faut, de plus, que les demi-teintes de l'objet soient fidèlement reproduites, en un mot, qu'il y ait harmonie dans l'image. Ceci n'aura lieu que lorsque les transparences des diverses parties du cliché seront inversement proportionnelles aux éclats des parties correspondantes

| ÉLOIGNEMENT de l'objet exprimé en longueurs focales. | TRANSLATION DE L'OBJET EN MÈTRES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 |
| | Durée d'exposition de l'obturateur pour $\omega = 0^{m},0001$. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50. | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 100. | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 200. | 0,2 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 300. | 0,3 | 0,15 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » | » | » |
| 400. | 0,4 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » | » |
| 500. | 0,5 | 0,25 | 0,16 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » | » |
| 600. | 0,6 | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » | » |
| 700. | 0,7 | 0,35 | 0,23 | 0,17 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » | » |
| 800. | 0,8 | 0,40 | 0,26 | 0,20 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » | » |
| 900. | 0,9 | 0,45 | 0,30 | 0,22 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | » |
| 1000. | 1,0 | 0,50 | 0,33 | 0,25 | 0,20 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1100. | 1,1 | 0,55 | 0,37 | 0,27 | 0,22 | 0,18 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1200. | 1,2 | 0,60 | 0,40 | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1300. | 1,3 | 0,65 | 0,43 | 0,32 | 0,26 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1400. | 1,4 | 0,70 | 0,47 | 0,35 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1500. | 1,5 | 0,75 | 0,50 | 0,37 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |

de l'objet. D'après les définitions que nous avons données, il faudra donc que le temps de pose utile $\tau$ soit au moins égal au temps de pose donné par la formule

$$t = \frac{1}{E}\,\frac{1}{I}\,\frac{1}{C}\,\frac{1}{s}\,\frac{D^2}{(D-F)^2}.$$

Dans ces conditions, l'image sera : 1° nette; 2° harmonieuse, qualité qu'on ne rencontre pas toujours dans les épreuves dites *instantanées*.

Si la quantité de lumière qui tombe sur la plaque sensible est trop faible, le résultat ne sera pas satisfaisant, l'image sera sous-exposée. Le *manque de pose* est un défaut fréquent dans les épreuves dites instantanées. Ce manque de pose n'a pas grande importance s'il s'agit d'une photographie scientifique pour laquelle on ne demande que la netteté des contours; c'est un défaut qui, sous le rapport artistique, rend inacceptable le plus grand nombre d'images.

Certains des coefficients du temps de pose ne sont pas invariables, en particulier le coefficient de clarté et le coefficient de sensibilité. Admettons que nous ayons déterminé $\tau$ en fonction de T et cherchons la valeur convenable de C′ qui satisfait à l'équation

$$C' = \frac{1}{E}\,\frac{1}{I}\,\frac{1}{\tau}\,\frac{1}{s}\,\frac{D^2}{(D-F)^2}.$$

Si cette valeur de C′ est acceptable, c'est-à-dire si l'objectif comporte cette clarté, nous aurons une image *nette* et *harmonieuse*. Il n'en est pas toujours ainsi parce que les objectifs dont on dispose ne sont pas assez lumineux. Nous pourrons de même, en réduisant la clarté de l'objectif, si cela ne compromet pas l'harmonie de l'épreuve, diminuer la valeur de $\tau$ et obtenir la netteté suffisante.

**202. Mesure expérimentale du temps de pose effectif.** — La seule méthode qui permette de mesurer avec précision le temps de pose effectif d'un obturateur est la méthode physique; elle a été appliquée pour la première fois par M. Janssen[1] pour mesurer la vitesse de fonctionnement d'un obturateur à guillotine. Soit un diapason qui exécute N vibrations en une seconde; l'instrument est armé d'un stylet pouvant tracer sur la lamelle obturatrice en mouvement une trace sinusoïdale dont chaque ondulation indique l'espace parcouru par la lame pendant une durée égale à celle d'une vibration du diapason. Il suffira de compter sur la lamelle le nombre $n$ des vibrations correspondantes à la longueur $l$ de l'ouverture pour avoir la durée du temps de pose effectif :

$$T = \frac{n}{N}.$$

M. le colonel Sébert, dont les travaux sur le mouvement des projectiles sont universellement connus, a appliqué la méthode chronographique à la

1. *Annuaire du bureau des longitudes*, 1874.

mesure du temps de pose effectif. Les appareils dont il se sert varient avec la nature des obturateurs à étudier. Leur emploi nécessitant des connaissances physiques assez étendues, nous renverrons le lecteur au mémoire original du colonel Sébert[1], nous bornant à indiquer les résultats auxquels il est arrivé.

La mesure du temps de pose effectif ne donne qu'une notion imparfaite sur la quantité de lumière qui a pu impressionner réellement la plaque sensible.

Il faut, pour avoir une idée nette de l'effet produit par un obturateur, déterminer la durée d'ouverture à plein objectif qui laisserait passer la même somme de lumière que celle qui traverse réellement l'orifice constamment variable laissée par le fonctionnement de l'appareil. Nous verrons comment on peut y parvenir soit par le calcul, soit par une construction graphique.

M. de la Baume-Pluvinel[2] a imaginé un dispositif très simple, qui, tout en donnant la loi du mouvement d'un obturateur, permet de déterminer

Fig 358.

facilement la durée du temps de pose effectif. Il fixe devant l'obturateur un diaphragme dont l'ouverture consiste en une fente étroite dirigée dans le sens du mouvement des lamelles obturatrices. Si le mouvement des lamelles est rectiligne, la fente doit être droite ; si les lamelles ont un mouvement circulaire, la fente doit être curviligne. L'obturateur, muni de ce diaphragme, est placé dans un appareil de projection qui peut donner sur un écran E une image *réduite* de la fente du diaphragme (*fig. 358*). Il dispose en E une plaque sensible animée d'un mouvement de sens perpendiculaire à la direction de la fente, et il fait fonctionner l'obturateur pendant que la plaque est en mouvement. L'image de la fente laisse sur la plaque sensible une traînée dont la forme dépend de la combinaison des mouvements de la plaque et de l'obturateur. Avec un obturateur Thury et Amey, par exemple, la traînée a la forme A*a*B*b* (*fig. 359*). La longueur AB représente la durée du temps de pose effectif, et les différences des ordonnées des courbes A*a*B, A*b*B permettent de calculer la fraction de la surface de l'objectif découverte à une époque donnée de la durée de la pose. On peut, comme l'a indiqué M. A. Cornu[3], compléter cette méthode en plaçant contre la fente un diapason muni d'un stylet et le faisant vibrer pour avoir l'inscription du temps.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 166.
2. *Congrès international de photographie*, juillet 1889.
3. *Ibid.*, août 1889.

L'étude de l'image produite sur la plaque sensible donne donc la loi du mouvement des lamelles obturatrices. Le calcul permettra de déduire de cette loi la quantité de lumière introduite dans l'appareil et par suite le *rendement* de l'obturateur.

Le temps de pose effectif se déduit aisément de la vitesse de déplacement de la plaque sensible et de la largeur AB de la traînée. Quelquefois, les points A et B sont mal déterminés, parce que la durée d'impressionnement est un peu plus courte que le temps de pose effectif; mais on peut toujours par la pensée prolonger les côtés de l'image et fixer ainsi très exactement les extrémités qu'aurait eu la traînée si la plaque eût été infiniment sensible et la fente infiniment lumineuse. La figure 359, obtenue dans une expérience faite avec l'obturateur Thury et Amey, montre que la période de fermeture de cet obturateur est plus courte que sa période d'ouverture, résultat que les mesures du colonel Sébert avaient entièrement démontré[1].

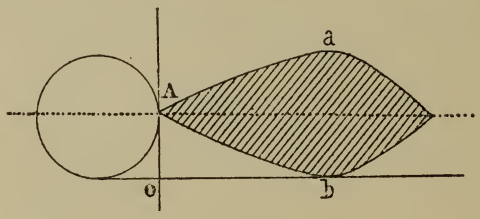



Fig. 359.

Cette méthode, très ingénieuse, donne des résultats précis pourvu que l'on opère avec soin : ces résultats ne dépendent ni de l'intensité de la lumière, ni de la clarté de l'objectif, ni de la sensibilité des plaques, ni de l'énergie du révélateur.

D'autres méthodes ont été proposées pour mesurer le temps de pose effectif d'un obturateur; si nous les signalons ici, c'est pour en déconseiller l'emploi. Ces méthodes consistent, en effet, à photographier un objet en mouvement. On conclut de la longueur de la traînée qu'il laisse sur le cliché le déplacement réel de cet objet pendant la durée de la pose; connaissant la vitesse de l'objet, on en déduit le temps qu'il emploie à se déplacer de la longueur mesurée : on a ainsi la *durée d'impressionnement* et non la durée du temps de pose effectif, comme cela a été écrit bien des fois. Ces deux durées ne sont jamais rigoureusement égales; elles ne le deviendraient que si l'on pouvait réaliser un obturateur idéal, obturateur dans lequel la période d'ouverture et celle de fermeture seraient nulles.

Le Dr Eder[2] photographie un fil de magnésium incandescent auquel il imprime un mouvement de rotation de façon à lui faire décrire une circonférence en une seconde. Au développement de la glace sensible, on obtient un segment de cercle; on peut construire le cercle auquel il appartient : la circonférence de ce cercle étant supposée décrite en une seconde, on peut, à

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 163.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1882, p. 285.

l'aide du rapporteur, déterminer la durée de l'impressionnement. Il est fort difficile d'obtenir un mouvement uniforme.

M. Pickering[1] se sert d'un diapason portant un miroir fixé à l'une de ses branches. Le diapason est placé devant la chambre noire (*fig. 360*), de façon que le miroir réfléchisse sur l'objectif un rayon solaire rendu horizontal. Si l'on met le diapason en vibration, ce point se transformera en une ligne horizontale fine et courte; si l'on fait tourner le diapason dans le sens de son axe, la ligne droite se transformera en une ligne sinusoïdale. En faisant fonctionner l'obturateur, une partie de la ligne sinusoïdale sera photographiée : on obtiendra la durée de l'impressionnement d'après le nombre des vibrations reproduites sur la surface sensible. Le miroir employé doit être un peu plus grand que le diamètre de l'objectif dont on

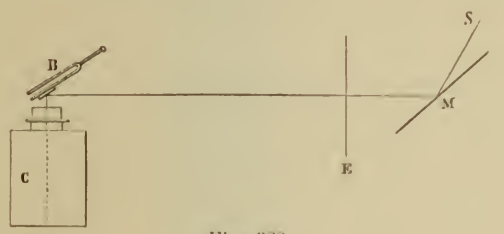



Fig. 360.

se sert, de façon que les bords soient couverts pendant toute la durée de l'exposition. Cette méthode présente des difficultés d'exécution considérables.

M. A. Londe[2] enregistre les vibrations d'un diapason placé à une *faible distance* de l'objectif : la plaque sensible, placée dans un châssis, peut glisser de haut en bas dans deux rainures et recevoir l'image d'un point lumineux (lumière électrique). Ce point lumineux est projeté sur un écran de papier dioptrique fixé à un diapason. M. A. Londe a reconnu[3] le fait suivant que confirme la théorie : malgré un fonctionnement mécanique constant, un obturateur pourra donner des temps de pose différents suivant la nature des glaces sensibles et suivant l'intensité lumineuse.

M. L. Vidal a modifié la méthode du Dr Eder et proposé de photographier une aiguille animée d'un mouvement de rotation. Cette aiguille brillante se meut sur un cadran noir portant des divisions blanches et fait un tour en une seconde. Pendant la pose, elle se déplace d'un certain nombre de divisions, suivant la vitesse de l'obturateur. Au développement, on obtient l'image du cadran et un secteur blanc correspondant au déplacement de l'aiguille; de la surface de ce secteur on ne peut que déduire la durée de l'impressionnement pour la plaque et l'éclairage employés.

M. Warnerke se sert d'un cercle opaque mobile autour de son centre et parcourant des espaces égaux en des temps égaux. Ce cercle est percé près

1. *Philadelphia Photographer*, 1885, janvier.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 209.
3. *La Photographie instantanée, théorique et pratique*, p. 106, Gauthier-Villars, 1886.

de sa circonférence d'une ouverture destinée à laisser passer les rayons lumineux. On dirige cet appareil vers le ciel; on photographie le cercle pendant son mouvement de rotation : au développement, on trouve sur la plaque une portion de secteur correspondant à la durée d'impressionnement.

M. le Dr Le Bon[1] utilise d'une manière très simple la méthode du cadran. Il a constaté que si l'on enlève d'un réveille-matin ordinaire l'échappe-

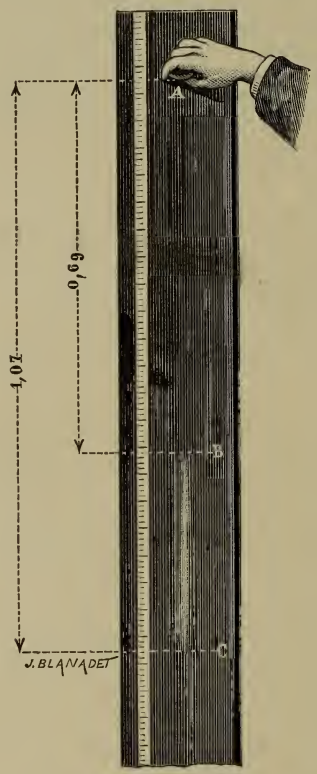



Fig. 361.

ment et que si l'on remonte l'instrument, le ressort se déroule régulièrement au début de l'expérience, c'est-à-dire pendant les vingt ou vingt-cinq premiers tours de l'aiguille des minutes; cette aiguille est animée d'un mouvement douze fois plus rapide que celui de l'aiguille des heures : il suffira donc de mesurer le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs de l'aiguille des heures à midi pour connaître la vitesse de rotation de l'aiguille des minutes. On remplace cette dernière par une longue tige (une aiguille à tricoter par exemple) que l'on fait mouvoir devant un grand cadran de

1. *Les levers photographiques et la photographie en voyage*, p. 106.

carton; on peut graduer ce cadran suivant la précision que l'on désire obtenir.

M. Jubert[1] a proposé le premier de photographier une petite sphère brillante tombant à l'air libre le long d'une échelle graduée. Il se sert d'une planche noire, portant une bande étroite de papier blanc, divisé en centimètres par des traits et des chiffres noirs. La planche est placée verticalement en face de l'appareil photographique muni de l'obturateur. Tout étant disposé pour l'expérience, on laisse échapper la sphère brillante qui tombe par son simple poids sans impulsion et sans arrêt; on fait fonctionner l'obturateur. Quand on développe l'image, le cliché montre la graduation, et, à côté, la traînée BC (*fig. 361*) formée par la masse pesante qui se déplaçait. En désignant par $e$ l'espace AC, par $e'$ l'espace AB, par $t$ et $t'$ les temps employés à parcourir ces deux espaces, par $g$ l'intensité de la pesanteur,

$$t = \sqrt{\frac{2e}{g}}, \qquad t' = \sqrt{\frac{2e'}{g}}.$$

En désignant par T le temps employé à parcourir l'espace BC on aura

$$T = t - t';$$

avec les données indiquées sur la figure, on trouvera $T = 0^s,09$, soit environ 0,1.

M. de la Baume-Pluvinel a perfectionné cette méthode. Il fixe à la masse pesante qui sert d'objet se déplaçant un fil de magnésium de quelques centimètres de longueur. Un fil de coton-poudre pouvant être allumé facilement maintient tout le système à l'origine des divisions; on enflamme le magnésium, la masse tombe et aussitôt après on déclenche l'obturateur, de manière à photographier le fil incandescent au moment où il passe devant l'objectif. Il faut en outre, pour avoir l'image du décamètre, découvrir l'objectif pendant quelques secondes, soit avant, soit après avoir laissé tomber le corps lumineux. Le cliché étant terminé, il suffit 1° de mesurer la longueur de la traînée; 2° de déterminer la distance de cette traînée à l'origine de la division. Le diagramme (*fig. 362*) permet de trouver immédiatement la durée de l'impressionnement; à cet effet, on parcourt l'échelle verticale tracée à gauche du diagramme, et l'on s'arrête à la division qui correspond au commencement de la traînée. On suit la ligne horizontale passant par cette division jusqu'à ce que l'on rencontre la courbe à l'extrémité de laquelle figure la longueur de la traînée. L'abscisse du point de rencontre de l'horizontale et de la courbe donne la durée de l'impressionnement.

Si l'on opère à une distance de l'objectif supérieure à dix fois sa longueur focale principale, en employant comme point lumineux la lumière du magnésium, la durée de l'impressionnement diffère fort peu de celle du temps de pose effectif.

M. W.-G. Levison[2] fait réfléchir sur un miroir fixé à l'une des branches

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1880, p. 135.
2. *Brooklyn Academy Association*, 1888.

d'un diapason un point lumineux très brillant; l'image de ce point lumineux va se former, grâce à un objectif, sur la lamelle de l'obturateur que l'on veut étudier. Si l'on fixe sur cette lamelle une pellicule sensible d'un

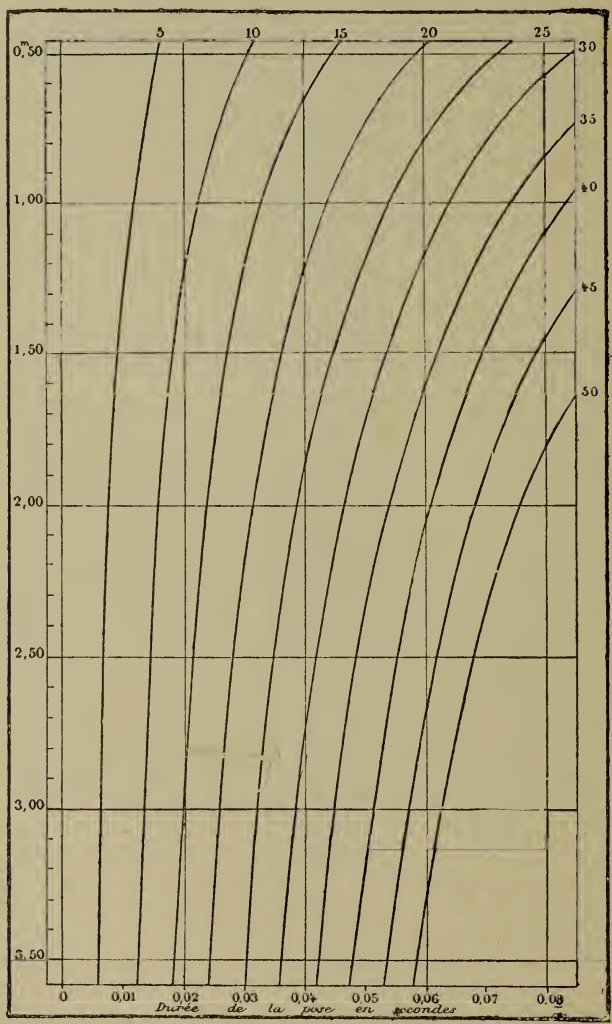



Fig. 362.

poids très léger et qu'au moyen d'un archet on mette le diapason en vibration, le point lumineux oscillera suivant une ligne droite qui s'imprimera sur la surface sensible; mais si l'obturateur est mis en mouvement, le point lumineux tracera une ligne sinusoïdale sur la couche sensible jusqu'à ce que l'obturateur ait atteint l'extrémité de sa course; alors une seconde ligne

droite apparaîtra. Après développement de la plaque, ces lignes se montrent avec une netteté et une précision qui dépendent de la petitesse du point lumineux et du soin apporté en exécutant l'expérience.

Pour enregistrer la durée de fonctionnement dans les obturateurs instantanés, Champion et Pellet se sont servis d'un papier au ferro-prussiate et à l'azotate d'ammoniaque. Quand l'obturateur est fermé, le courant ne passe pas; aussitôt que l'obturateur est démasqué, le courant passe et marque un trait plus ou moins long sur un tambour qui porte le papier chimique; de la longueur du trait on déduit la durée de fonctionnement[1].

Thouroude[2] a montré que par la méthode graphique on peut constater le rebondissement de l'obturateur.

Éric Gérard et Larmoyer[3] se servent de l'enregistrement des vibrations d'un diapason qui fait office d'interrupteur d'une bobine Ruhmkorff; ils photographient sur une plaque animée d'un mouvement de translation l'image de l'étincelle. Cette dernière méthode peut fournir des résultats exacts.

**203. Rendement d'un obturateur. Sa détermination.** — Il ne suffit pas de considérer, dans l'action d'un obturateur, la durée totale pendant laquelle cet appareil laisse passer la lumière; il faut aussi tenir compte des variations de l'intensité lumineuse qui se produisent dans l'image pendant les périodes qui correspondent à l'ouverture et à la fermeture de l'obturateur et qui sont séparées par un temps de pose à pleine ouverture.

Pour déterminer l'influence de ces diverses circonstances, il faut faire intervenir dans la définition complète d'un obturateur la loi de variation à chaque instant de l'orifice par lequel pénètre la lumière : la méthode de M. de la Baume-Pluvinel permet d'étudier facilement la loi de ce mouvement.

Une construction graphique permet de déterminer la durée d'ouverture à plein objectif qui laisserait passer la même somme de lumière que celle qui traverse réellement l'orifice constamment variable laissée par le fonctionnement de l'appareil. Il suffit de construire une courbe qui représente à chaque instant la surface découverte de l'ouverture en fonction du temps : dans cette courbe, les abcisses horizontales représenteront les durées et les ordonnées verticales représenteront les surfaces découvertes; on cherchera ensuite le rectangle équivalent à l'aire de cette courbe, ce rectangle ayant pour hauteur la hauteur correspondante à l'ouverture totale du diaphragme. La longueur de ce rectangle représentera précisément la durée de la

1. *Brooklyn Academy Association*, 1874, p. 71.
2. *Ibid.*, 1886, p. 22.
3. *La lumière électrique*, 1889.

pose à plein objectif et éclairement constant qui eût été équivalente à la pose à éclairement graduel effectivement obtenue.

On peut donc obtenir une appréciation suffisante des qualités d'un obturateur donné en le comparant à l'obturateur *idéal* qui laisserait passer la même somme de lumière en agissant constamment à pleine ouverture, c'est-à-dire à un obturateur pour lequel l'ouverture et la fermeture seraient *instantanées* et où il n'existerait pas, par suite, de période d'état variable.

Le rapport entre la durée d'action de cet obturateur idéal et la durée d'action totale de l'obturateur considéré auquel il serait équivalent peut donner une mesure de la bonté de ce dernier, car celui-ci s'approchera d'autant plus de la perfection que ce rapport sera plus voisin de l'unité[1].

Ce rapport n'est autre que le *rendement* de l'obturateur.

**204. Coefficient d'utilisation.** — Le Congrès de 1889 s'est occupé de la question du rendement ou *coefficient d'utilisation* des obturateurs. Il a demandé qu'à l'avenir les constructeurs indiquent, pour les obturateurs qu'ils livreront, le *temps de pose effectif* ou durée totale d'admission de la lumière, pour chaque degré de réglage de leurs obturateurs, ou tout au moins pour les degrés extrêmes de réglage, et le *rendement*, c'est-à-dire le rapport à cette durée totale de la durée correspondante que donnerait l'obturateur idéal produisant la même impression photographique ou, autrement dit, de la durée de la pose à pleine ouverture qui laisserait passage à la même somme de lumière. Ce temps de pose sera exprimé en secondes et fractions décimales de seconde, en poussant l'approximation plus ou moins loin, suivant que l'on aura affaire à des obturateurs plus ou moins rapides.

Le rendement sera exprimé par un nombre décimal toujours inférieur à 1, en se bornant à une ou deux décimales. Le produit de ce rendement par le temps de pose effectif permettra d'évaluer le temps de pose que donnera l'obturateur idéal correspondant et d'apprécier, par suite, l'intensité d'action lumineuse que peut donner l'obturateur considéré et le degré de sensibilité des plaques qu'il convient d'employer quand on en fait usage.

Comme moyen permettant d'étudier la loi de détermination des organes des obturateurs qui règlent l'introduction de la lumière, le Congrès conseille l'emploi d'un diapason vibrant, muni d'un style traçant directement un trait sinusoïdal sur la surface noircie de ces organes pendant leur mouvement, ou portant un écran percé d'un trou qui permette de projeter un rayon lumineux sur une surface sensible reliée à ces organes mobiles.

Nous nous bornerons à l'examen des obturateurs du système dit *à guillotine*.

Le rendement d'un obturateur varie suivant le type auquel il appartient. En supposant que les lamelles de l'obturateur soient animées d'un mouve-

1. Colonel Sébert, *Congrès international de photographie*, 1889.

ment rectiligne et qu'elles se déplacent avec une vitesse constante $v$, qui est la vitesse de fonctionnement de l'obturateur, on peut ramener à un petit nombre de cas l'étude du rendement; ces divers cas dépendent surtout de la forme et des dimensions de l'orifice qui admet la lumière dans l'appareil

**205. Orifice rectangulaire.** — Soient : $v$, la vitesse de déplacement de l'obturateur, $ac = l$ l'orifice de la lamelle (*fig. 363*), $\delta$ l'ouverture de l'objectif, ouverture au contact de laquelle se meut l'obturateur. La lamelle

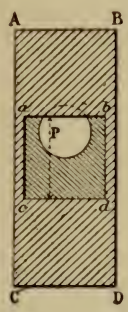


Fig. 363.

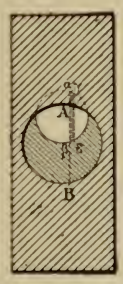


Fig. 364.

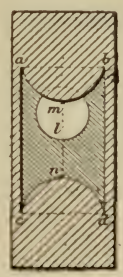


Fig. 365.

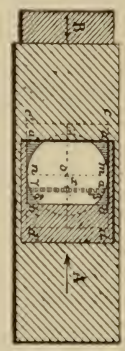


Fig. 366.

parcourt la longueur de l'ouverture $l$, puis, avant de fermer complètement l'objectif, elle parcourt le diamètre $\delta$; cet espace étant parcouru pendant le temps $t$, avec la vitesse $v$, on aura

$$(1) \qquad l + \delta = v\mathrm{T}, \qquad \mathrm{T} = \frac{l + \delta}{v}.$$

Le temps de pose effectif est donc inversement proportionnel à la vitesse de fonctionnement de l'obturateur. *Il n'est pas directement proportionnel à* l *et à* $\delta$.

L'orifice de l'obturateur passant devant l'ouverture $\delta$ découvre chaque point P de cette ouverture pendant le temps que met la lamelle à se déplacer d'une longueur $l$, et, puisque la vitesse est $v$ et l'espace $l$, pendant un temps égal à $\frac{l}{v}$.

Cherchons quelle est la quantité de lumière reçue par un élément infiniment petit de la surface de l'objectif. Cette quantité est égale (**161**) à la surface de cet élément multipliée par l'illumination $\mathfrak{J}$ de l'objectif et par le temps $\frac{l}{v}$ de l'action de la lumière. La somme des éléments infiniment petits qui constituent la surface totale de l'ouverture de l'objectif recevra donc

$$\pi \frac{\delta^2}{4} \mathfrak{J} \frac{l}{v} = \mathrm{L}.$$

Si l'on employait un obturateur idéal (obturateur dont les périodes d'ou-

verture et de fermeture seraient nulles), l'objectif recevrait pendant le temps $\tau$ une quantité de lumière égale à

$$\pi \frac{\delta^2}{4} \mathfrak{I}\tau = L' .$$

Si $L' = L$, $\tau$ est par définition le temps de pose utile; on obtiendra donc cette valeur de $\tau$ en égalant L à L'. On en déduit

$$\tau = \frac{l}{v} ;$$

mais on a, d'après la relation (1),

$$v = \frac{l + \delta}{T} ;$$

par conséquent, en remplaçant $v$ par sa valeur,

$$\tau = T \frac{1}{1 + \frac{\delta}{l}} .$$

Donc, plus le rapport $\frac{\delta}{l}$ est petit, plus le temps de pose utile se rapproche du temps de pose effectif. On diminuera donc l'écart entre les deux temps de pose en augmentant l'orifice de la lamelle obturatrice et en diaphragmant l'objectif.

Le rendement est

$$\frac{\tau}{T} = \frac{1}{1 + \frac{\delta}{l}} .$$

Si l'orifice de la lamelle obturatrice est égale au diamètre de l'objectif, $l = \delta$ :

$$\frac{\tau}{T} = \frac{1}{2} .$$

Si $l = 2\delta$ :

$$\frac{\tau}{T} = \frac{2}{3} .$$

**206. Orifice circulaire.** — Soit $l$ le diamètre de l'orifice circulaire, on a, comme précédemment,

$$T = \frac{l + \delta}{v} .$$

Soit un élément infiniment petit $\alpha\beta\gamma\delta$ (*fig. 364*) de l'ouverture de l'objectif : l'orifice de la lamelle découvre chaque point de cet élément pendant le temps que la lamelle parcourt la longueur AB. Désignons par $x$ la distance de la corde AB au centre de l'orifice de la lamelle, on a

$$AB = \sqrt{l^2 - 4x^2} .$$

L'élément $\alpha\beta\gamma\delta$ reçoit donc une quantité de lumière égale à sa surface $dx\sqrt{\delta^2 - 4x^2}$ multiplié par $\mathfrak{J}$ et par la durée $\frac{\sqrt{l^2 - 4x^2}}{v}$ de l'action de la lumière; soit

$$\frac{1}{v}\,\mathfrak{J}\,dx\sqrt{(\delta^2 - 4x^2)(l^2 - 4x^2)}\,.$$

L'ensemble des éléments infiniment petits constitue la surface totale de l'objectif : cette surface recevra une quantité de lumière

$$L = 2\,\mathfrak{J}\,\frac{1}{v}\int_0^{\frac{\delta}{2}} dx\sqrt{(\delta^2 - 4x^2)(l^2 - 4x^2)}\,.$$

Les constructeurs font, en général, $l = \delta$; l'expression devient alors

$$L = 2\,\mathfrak{J}\,\frac{1}{v}\int_0^{\frac{\delta}{2}} dx\,(\delta^2 - 4x^2)$$

en intégrant

$$L = \frac{2}{3}\,\frac{\delta^3}{v}\,\mathfrak{J}\,.$$

Remplaçant $v$ par sa valeur $v = \frac{2\delta}{T}$, il vient

$$L = \frac{\delta^2}{3}\,\mathfrak{J}T\,.$$

Si les phases d'ouverture et de fermeture de l'obturateur étaient nulles, on aurait

$$L' = \frac{\pi\delta^2}{4}\,\mathfrak{J}\tau\,;$$

d'où l'on déduit, en égalant L à L',

$$\frac{\tau}{T} = \frac{4}{3\pi} = 0{,}424\,.$$

**207. Orifice biconcave.** — Soit *ambdnc* (*fig. 100* et *365*) la forme de l'orifice de la lamelle; désignons par $l$ la distance *mn*, par $l'$ le diamètre des demi-cercles *amb*, *cnd* : on a, comme précédemment,

$$T = \frac{l + \delta}{v}\,,$$

et la quantité L de lumière introduite par l'orifice biconcave est égale à la quantité de lumière qui serait introduite par l'orifice rectangulaire *abcd*, moins la quantité de lumière qui serait interceptée par les deux demi-cercles *amb*, *cnd*. Cette quantité de lumière est précisément égale à celle

que ces cercles laisseraient passer si au lieu d'être pleins ils étaient évidés. On rentre donc dans les deux cas précédents, et l'on a

$$L = \frac{\pi\delta^2}{4}\,\mathfrak{I}\,\frac{l+l'}{v} - 2\,\mathfrak{I}\,\frac{1}{v}\int_0^{\frac{\delta}{2}} dx\sqrt{(\delta^2-4x^2)(l'^2-4x^2)}\,.$$

Les constructeurs font $l = l' = \delta$; on a alors, en intégrant,

$$L = \frac{\delta^3}{v}\left(\frac{3\pi-4}{6}\right)\mathfrak{I}:$$

mais

$$v = \frac{l+\delta}{T} = \frac{2\delta}{T}\,.$$

On a, en remplaçant $v$ par sa valeur,

$$L = \frac{3\pi-4}{12}\,\delta^2\,\mathfrak{I}T\,.$$

En égalant L à L′, il vient

$$\frac{\tau}{T} = 1 - \frac{4}{3\pi} = 0{,}57\,.$$

**208. Obturateur à deux lamelles.** — Supposons que l'obturateur se compose de deux lamelles animées de mouvements de sens inverse et présentant chacune un orifice rectangulaire. Soit $l$ la longueur de l'orifice rectangulaire des lamelles (*fig. 366*).

Chaque lamelle se déplace d'une longueur $l$ pendant le temps de pose effectif T.

On a donc

$$T = \frac{l}{v}\,,$$

et, dans ce cas, il est exact de dire que le temps de pose effectif est proportionnel à l'ouverture de l'obturateur.

Un élément infiniment petit $\alpha\beta\gamma\delta$ de la surface de l'objectif situé à une distance $x$ du centre O reçoit pendant le temps de pose effectif une quantité de lumière

$$\frac{l-2x}{v}\,\mathfrak{I}\,dx\sqrt{\delta^2-4x^2}\,,$$

et la surface totale de l'objectif reçoit

$$L = 2\,\mathfrak{I}\int_0^{\frac{\delta}{2}} \frac{l-2x}{v}\,dx\sqrt{\delta^2-4x^2}\,;$$

d'où, en intégrant,

$$L = \frac{\delta^2}{v}\left(\frac{\pi l}{4} - \frac{\delta}{3}\right)\mathfrak{I}\,;$$

mais

$$v = \frac{l}{T};$$

donc

$$L = \frac{\delta^2}{l}\left(\frac{\pi l}{4} - \frac{\delta}{3}\right) \mathfrak{I} T.$$

On a, d'autre part,

$$L' = \frac{\pi \delta^2}{4} \mathfrak{I} \tau;$$

en égalant ces deux quantités :

$$\frac{\tau}{T} = \left[1 - \frac{4}{3\pi}\frac{\delta}{l}\right],$$

résultat qui montre que le temps de pose utile se rapproche du temps de pose effectif quand on augmente l'orifice $l$ de l'obturateur et lorsqu'on diminue l'ouverture $\delta$ de l'objectif.

Les constructeurs font, en général, $l = \delta$ ; on obtient alors

$$\frac{\tau}{T} = 0{,}57.$$

Le rendement de l'obturateur à deux lamelles est donc supérieur à celui de l'obturateur à une lamelle.

**209. Résumé.** — Voici la valeur du rendement des principaux obturateurs à guillotine dans l'hypothèse où la dimension de l'orifice est égale au diamètre $\delta$ de l'objectif.

| | | |
|---|---|---|
| Obturateurs à deux lamelles, ouverture rectangulaire | $\frac{\tau}{T} =$ | 0,57 |
| — à une lamelle, ouverture rectangulaire | | 0,50 |
| — — — circulaire | | 0,43 |

Si la plus grande dimension de l'orifice $l$ est égale à $2\delta$, on a :

| | | |
|---|---|---|
| Obturateur à une lamelle, ouverture rectangulaire | $\frac{\tau}{T} =$ | 0,66 |
| — — — biconcave | | 0,57 |

Un calcul identique aux précédents donnerait les valeurs du rendement d'un obturateur formé d'une lamelle obturatrice animée d'un mouvement circulaire et présentant un orifice en forme de secteur.

Les résultats que nous venons d'indiquer sont sensiblement exacts en pratique, bien que la *vitesse de fonctionnement de l'obturateur ne soit pas uniforme*. Dans certains obturateurs, la phase de fermeture est plus courte que la phase d'ouverture ; c'est l'inverse dans d'autres instruments. L'étude de la loi du mouvement de l'obturateur et la construction graphique que nous avons indiquée donnent des résultats très précis ; on peut les regarder comme superflus dans la pratique habituelle.

## BIBLIOGRAPHIE.

AGLE, *Manuel pratique de photographie instantanée.*

BAUME-PLUVINEL (A. de la), *Le temps de pose.*

CLÉMENT (R.), *Méthode pratique pour déterminer exactement le temps de pose en photographie.*

EDER (Dr J.-M.), *La photographie instantanée, son application aux arts et aux sciences.*

JOLY, *La photographie pratique.*

PIZZIGHELLI (G.), *Die Actinometrie.*

LONDE (A.), *La photographie instantanée, théorie et pratique.*

VIDAL (L.), *Calcul des temps de pose et tables photométriques.*

VIEUILLE (G.), *Nouveau guide pratique du photographe amateur.*

VOGEL (H.), *Lehrbuch der Photographie.*

# LIVRE II.

## CHAPITRE PREMIER.

### ATELIERS.

**210**. Les diverses opérations qui concourent à la formation de l'image photographique se font, les unes, sous l'influence de la lumière, dont on peut modifier l'intensité (on fait alors varier l'éclai-

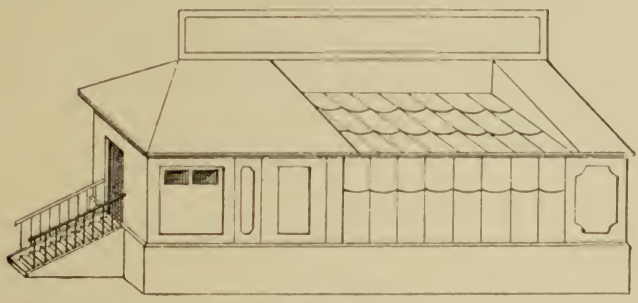


Fig. 367.

rage): les autres, au contraire, en évitant autant que possible l'influence de cet agent. Les premières s'effectuent généralement dans un local appelé *atelier vitré;* les secondes s'exécutent dans les *laboratoires*.

§ I. — ATELIER VITRÉ.

**211. Orientation.** — Le photographe n'est pas toujours libre de choisir l'emplacement de son *atelier*. Généralement, il le dispose à la partie supérieure d'une maison, parce que les constructions voisines n'interceptent pas la lumière dans ces conditions: mais si les

circonstances permettent d'installer un atelier au milieu d'un vaste terrain, on le disposera à un rez-de-chaussée (*fig. 367*).

Il est utile que les rayons du soleil ne puissent pénétrer directement dans l'atelier. L'on choisira donc le côté exposé au nord pour le garnir de vitres.

Si l'atelier est tourné vers le nord-est, le soleil ne frappe pas le vitrage lorsqu'on commence à travailler, et l'atelier est mieux protégé pendant l'après-midi.

On peut, à la rigueur, choisir le côté du levant, mais l'on ne pourra pas opérer commodément à toute heure de la journée.

L'orientation étant déterminée, il y a à distinguer la nature des

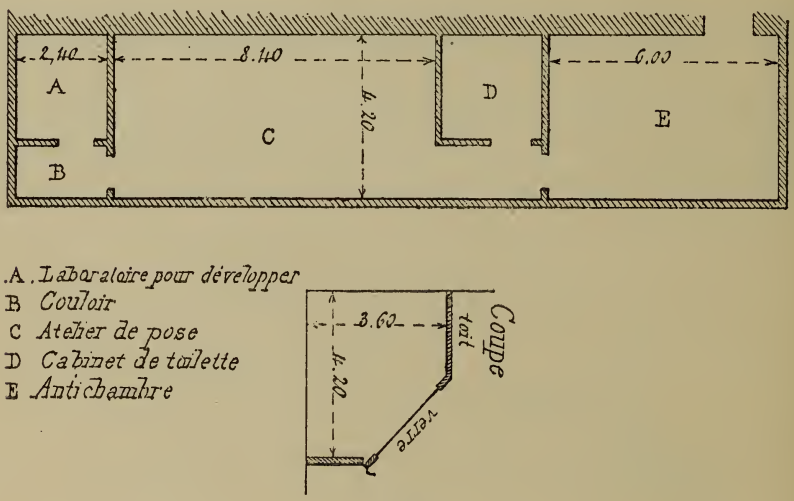



Fig. 368.

travaux que l'on veut effectuer dans l'atelier; ces travaux peuvent se subdiviser en deux catégories :

*A)*. Portraits;

*B)*. Reproductions.

A) *Portraits*. — L'atelier destiné au portrait doit rappeler dans son ensemble le plan général d'un atelier de peintre. Nous donnons ci-dessus, d'après Robinson [1], la meilleure forme que l'on puisse donner à l'atelier vitré (*fig. 368*). La longueur de cet atelier et sa largeur seront suffisantes. Il ne présente qu'un seul châssis vitré (indiqué sur la coupe par le mot verre). Ce châssis s'appuie à 1m35 du

1. *L'atelier du photographe.*

plancher, sur le mur vertical. A la partie supérieure, il s'appuie sur la gouttière du toit. Il suffit que ce châssis ait 5 mètres de long sur 2m50 de large. On le place au milieu de l'atelier, de sorte qu'il y ait environ à chaque extrémité une partie de 1m50 non vitrée. Cette disposition permet de se servir des deux extrémités de l'atelier, de sorte que la lumière puisse être dirigée à droite ou à gauche sur le modèle. Les dimensions de vitrage que nous indiquons sont des dimensions minima. Il est clair que rien n'empêche de vitrer complètement la partie de l'atelier exposée au nord et de prendre comme longueur de vitrage la longueur de l'atelier; mais cela n'est utile que pour obtenir

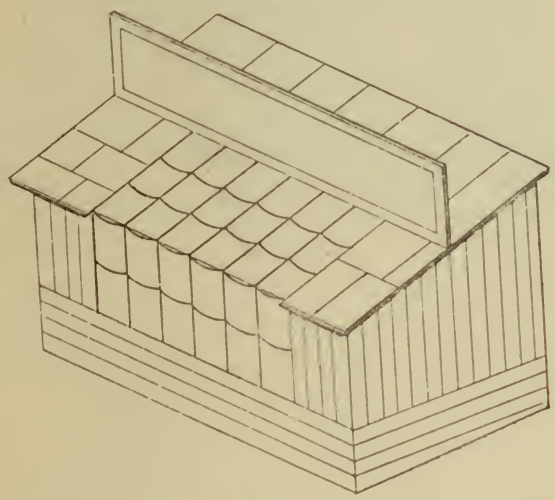


Fig. 369.

des portraits éclairés par derrière présentant de grands effets d'ombre.

Le verre à vitre est le meilleur verre à employer. On choisira du verre double blanc; le verre dépoli arrête beaucoup de lumière.

On ne dispose pas toujours d'un espace aussi grand que celui que nous avons indiqué (*fig. 368*). On réduira alors les dimensions de l'atelier. Une excellente forme d'atelier vitré (avec deux grands châssis) est indiquée figure 369. Le vitrage vertical mesure 1m30 de hauteur sur 4 mètres de largeur; il est établi à 0m70 du plancher. Le vitrage incliné mesure 4 mètres de long. La longueur totale de cet atelier mesure, tout compris, 10 mètres de long. A la partie supérieure du vitrage se trouve un parasoleil, sorte d'écran en métal ou en lamelles de bois imbriquées comme celles des jalousies. Ce dispositif protège l'atelier des rayons du soleil pendant l'été.

L'atelier dessiné figure 367 permet d'obtenir de bons résultats : il peut

s'installer facilement dans un jardin. On dispose le plancher à 1m80 du sol; on place la porte d'entrée à l'est. Le toit vitré incliné mesure environ 5m50 de long sur 5m20 de large; la largeur totale de l'atelier est de 6m30; sa lon-

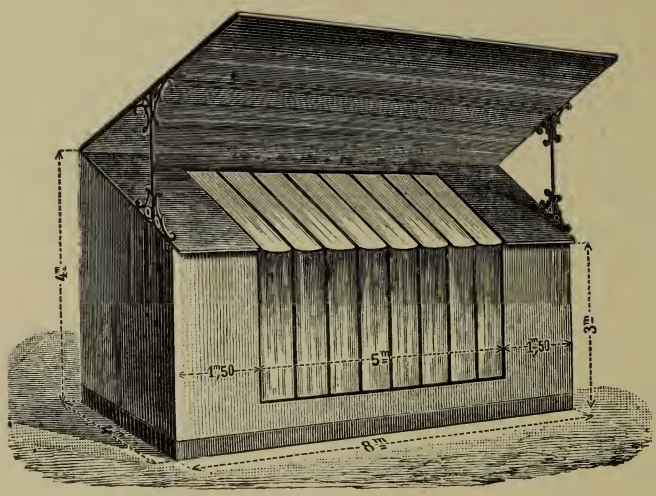



Fig. 370.

gueur totale (non compris le cabinet noir) est de 12 mètres. Le vitrage vertical commence à 0m70 du plancher. Il occupe une superficie de 5m50 sur 2m25 de haut. La partie de la toiture, qui est opaque, est séparée du

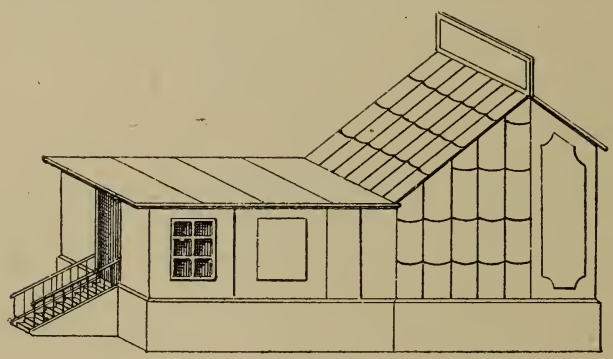


Fig. 371.

plafond de l'atelier par un intervalle assez considérable, ce qui met cette pièce à l'abri des variations de température.

La figure 370 représente un atelier que l'on peut installer facilement dans un jardin. L'écran opaque situé au-dessus du vitrage est destiné à préserver l'atelier de l'action des rayons solaires. Cet écran peut se rabattre complètement sur le vitrage lorsqu'on ne travaille pas.

L'inclinaison de la partie supérieure du vitrage est d'environ 40° dans toutes ces formes d'atelier.

B) *Reproductions.* — Si l'on doit se borner à faire des reproductions de gravures, tableaux, etc., on donnera à l'atelier la forme générale représentée par la figure 371. Les deux parois verticales sur lesquels s'appuie le toit vitré sont également vitrées. A la rigueur, il suffirait de vitrer un seul côté. Les dimensions de cet atelier sont

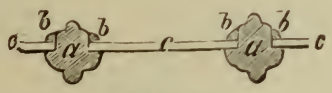



Fig. 372.

réglées d'après la grandeur des sujets à reproduire. Il est prudent de ne pas placer à moins de 4 mètres du plancher la ligne de faîtage du toit vitré.

**212. Matériaux de construction.** — On doit donner la préférence au verre double blanc bien poli pour le vitrage de l'atelier. Ce verre doit être placé sur des traverses en fer (et non sur des traverses en bois qui absor-

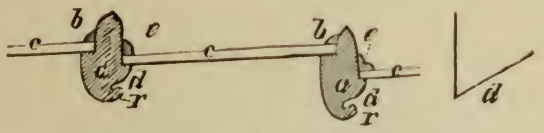



Fig. 373.

bent trop de lumière à cause de leur épaisseur). La partie inférieure du verre doit être coupée en arc de cercle pour permettre un écoulement facile des eaux. L'ajustage de ce verre sur les traverses doit être soigneusement établi (*fig. 372 et 373*).

Il est bon de diviser la partie verticale du vitrage en quatre parties égales. Les deux châssis du milieu doivent glisser sur des rails, l'un à droite, l'autre à gauche. On peut ainsi aérer très facilement l'atelier pendant l'été. On doit proscrire absolument les châssis s'ouvrant à charnières dans l'atelier.

Dans les pays chauds, il est utile de disposer à la partie supérieure du toit une conduite d'eau percée sur toute sa longueur, d'une série de petits orifices permettant de faire tomber une espèce de pluie sur le vitrage de l'atelier. Cette eau, en s'évaporant, produit un abaissement de température quelquefois très considérable qui rend le séjour de l'atelier bien moins pénible. Ce détail de construction est indispensable pour les galeries vitrées servant au tirage.

On évitera autant que possible l'emploi du bois pour la construction de

l'atelier vitré. Les parois en seront constituées par une double cloison de brique, s'il n'est pas possible d'établir des murs épais. On évitera ainsi l'échauffement de la galerie pendant l'été et son refroidissement rapide pendant l'hiver.

Les murs de l'atelier seront, à l'intérieur, peints à la colle. Il faut pros-

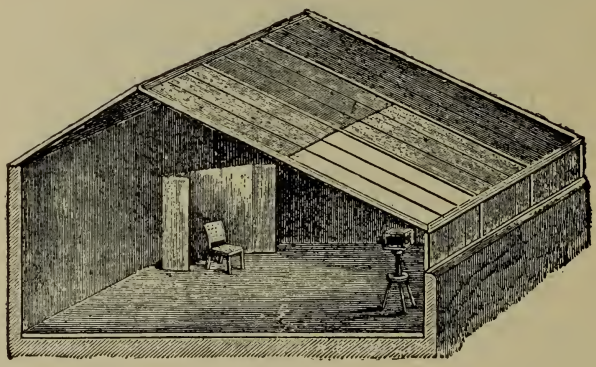


Fig. 374.

crire pour cette peinture les couleurs trop sombres. Le gris mat, légèrement teinté de bleu verdâtre, est la couleur la plus convenable.

Il peut arriver pendant l'hiver que la buée se condense à l'intérieur du vitrage et qu'elle s'écoule en gouttelettes dans l'atelier. On évite cet incon-

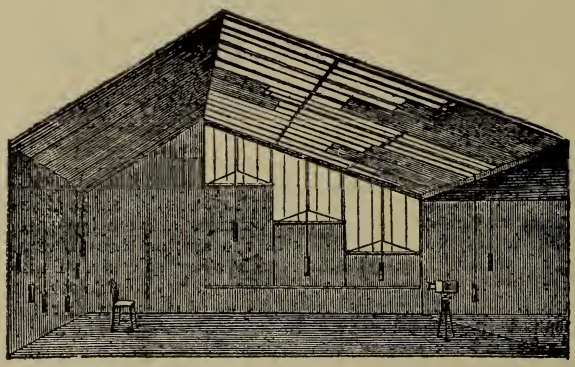


Fig. 375.

vénient en plaçant à la partie la plus basse de chaque vitre un très petit caniveau en zinc qui recueille les quelques gouttes d'eau qui, en tombant, pourraient détériorer le matériel.

On doit apporter le plus grand soin au choix du verre destiné à recouvrir la partie vitrée de l'atelier. On choisira des feuilles de verre aussi grandes que possible; ce verre devra être exempt d'oxyde de fer ou d'oxyde de manganèse, parce que l'oxyde de manganèse a une influence fâcheuse sur la

conservation du verre. Gaffield[1] a observé (et Bontemps[2] a vérifié ces résultats) qu'au bout d'un certain temps le verre s'altère et change de couleur; certains verres prennent une teinte pourpre ou jaunâtre. Warthon Simpson[3] a fait remarquer que les verres les plus solides sont le vert foncé, le bleu, et le bleu verdâtre. Quel que soit le verre employé, le vitrage de l'atelier

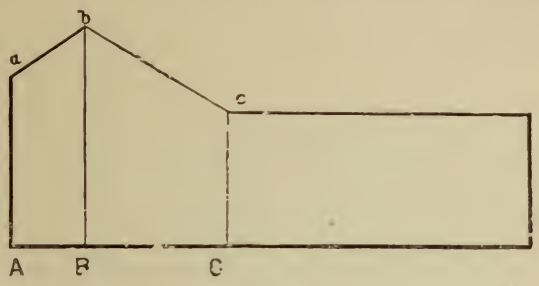



Fig. 376.

doit être tenu dans un état constant de propreté. Vinois[4] a recommandé pour ce nettoyage l'acide chlorhydrique étendu de plus ou moins d'eau, suivant que le verre est plus ou moins altéré; on le polit ensuite avec du blanc d'Espagne (craie) délayé dans l'eau et on essuie complètement.

Les peintures, surtout celles qui protègent les parties métalliques, doivent être très soigneusement faites : leur teinte sera d'un gris clair un peu verdâtre.

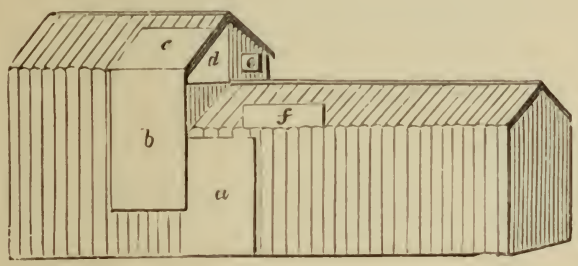



Fig. 377.

Gulliver[5] a constaté qu'il est toujours utile de nettoyer le verre avec une solution chaude de cyanure de potassium; elle enlève la couche épaisse de matière organique, qui, se déposant lentement à la surface du verre, arrête la lumière, au point que l'on est quelquefois obligé d'augmenter considérablement le temps de pose.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866, p. 297.
2. *Comptes rendus* 1869, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869, p. 321.
3. *British journal of Photography*, 14 fév. 1868.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1868, p. 282.
5. *Ibid.*, 1859, p. 205.

**213. Modifications de l'atelier vitré.** — Les divers types d'atelier que nous avons décrits sont ceux qui donnent actuellement les meilleurs résultats. Autrefois, on construisait l'atelier vitré en enlevant simplement une partie du toit du grenier d'une maison et la remplaçant par du verre (*fig. 374*). Quelquefois, on admettait la lumière de côté en même temps que la lumière du haut ((*fig. 375*). Pendant quelque temps, on a construit l'atelier en tunnel (*fig. 376*). Pour une longueur totale de 10m80, la largeur était

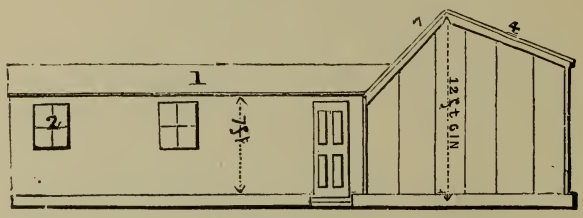



Fig. 378.

de 3 mètres, la hauteur B*b* = 3m30, C*c* = 2m10. Les deux panneaux de côté B*b* C*c* mesuraient 3m × 2m10; la seule partie vitrée de la toiture était *bc;* les parties opaques du toit étaient en zinc. La chambre noire se logeait dans le couloir mesurant 3 mètres de large sur 4m20 de long.

Reylander s'est servi pendant longtemps d'un atelier (*fig. 377*) long de 9 mètres et dans lequel la partie réservée au modèle mesurait 3m30 × 3m30. La lumière provenait du nord-est par les vitrages *abcdef* dont les dimensions principales étaient : *a* = 2m10 × 0,90, *b* = 2m10 × 1,50, *c* = 1,50 × 0,95;

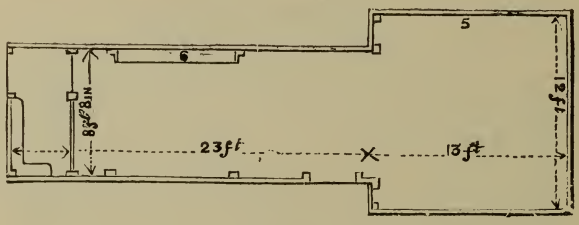



Fig. 379.

les autres parties du vitrage étaient généralement recouvertes de rideaux. La chambre noire se trouvait placée dans une obscurité relative.

Le colonel Stuart Wortley modifia la forme de l'atelier, de manière à ce qu'il permît l'admission d'une plus grande quantité de lumière. La (*fig. 379*) représente le plan d'un tel atelier dont la longueur est de 10m80. La partie réservée au modèle mesurait 3m60 × 3,90; la chambre noire se plaçait dans un couloir de 6m90 de long sur 2m40 de large; le cabinet noir se trouvait à l'extrémité. La hauteur de cet atelier (*fig. 378*) était de 3m60 du faîtage au sol. La partie 7 du toit était vitrée ; la partie 4 était opaque. Les seules parois garnies de verre se trouvaient d'un côté de la partie réservée au modèle et la partie en pente du toit.

Matheson [1], Silvy [2], Ferretti [3], Merke [4], ont aussi modifié la forme de l'atelier tunnel, dans le but d'obtenir une plus grande variété d'éclairage.

L'inconvénient des ateliers en forme de tunnel était que la lumière venait en plein de front et qu'il était difficile d'éclairer convenablement les deux côtés de la figure. La forme de cet atelier a été abandonnée pour l'obtention des portraits ; elle ne sert que pour les reproductions.

En résumé, des trois formes d'atelier : 1° tunnel ; 2° toiture inclinée vitrée sur deux versants ; 3° toiture vitrée sur un seul versant, la dernière est la plus employée : c'est celle qui donne les meilleurs résultats.

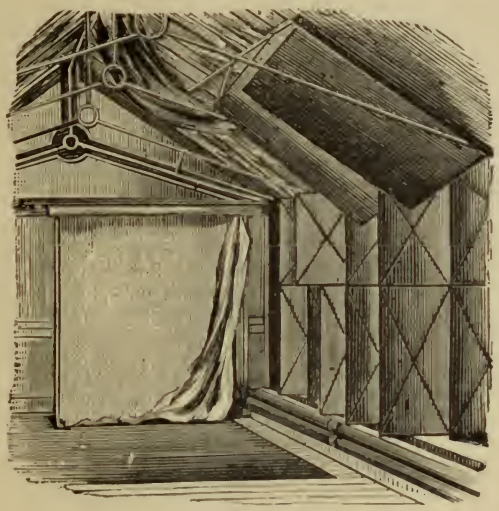


Fig. 380.

Le verre bleu a été employé par Herschell (1839), Draper (1842), Claudet (1847). En Amérique, l'emploi de ce verre a été assez répandu vers 1862. Scotellari a proposé d'opérer à la lumière violette, et dans ce but de peindre le vitrage de l'atelier avec une dissolution de violet de méthyle en quantité suffisante dans soixante parties d'alcool et vingt parties de sandaraque : à cette dissolution on ajoutait quatre parties d'essence de romarin et une partie d'essence de copahu ; ce vernis était étendu sur le verre. On n'a pas tardé à renoncer à son emploi pour adopter exclusivement l'emploi de la lumière blanche.

La meilleure orientation de l'atelier est celle qui consiste à placer le vitrage au nord. Quelques opérateurs, parmi lesquels Blanchard, placent le vitrage au sud, et interposent entre le modèle et le vitrage une série d'écrans qui arrêtent les rayons solaires. On peut aussi, comme Voytot [5] l'a

1. *Phot. Arch.*, 1866, p. 150.
2. *Ibid.*, 1866, p. 175.
3. *Ibid.*, 1872, p. 106.
4. *Ibid.*, 1866, p. 121.
5. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1862, p. 31.

proposé le premier, se servir d'écrans de 0m25 à 0m30 inclinés vers le modèle et reflétant vers lui la lumière; ces écrans sont formés de feuilles de paravent qui occupent toute la hauteur du vitrage (*fig. 380*).

On a aussi employé les ateliers dont le vitrage était de forme cintrée[1]; mais ce dispositif, de même que celui de M. Van der Weyde (plusieurs versants) a été abandonné. Les ateliers tournants ont été autrefois employés par Delessert, Baton[2], etc. Le mécanisme compliqué entraîné par ce dispositif a fait renoncer à son usage.

**214. Fonds et accessoires.** — Nous avons vu que dans les ateliers bien construits (*fig. 368, 369, 370*) on devait pouvoir se servir des deux extrémités de la salle de pose, de sorte que la lumière puisse être dirigée de droite ou de gauche sur le modèle. C'est dans cet espace que se placent les *fonds* destinés à être reproduits en même temps que le modèle. Le but immédiat du fond est de donner du relief à la figure et de l'ampleur à l'effet général. Dans un portrait, c'est la tête qui doit immédiatement attirer l'attention; la figure aura de l'importance si elle n'est pas perdue au milieu des détails infimes du fond. Ce dernier ne doit pas non plus être d'une teinte uniforme, sans gradation, comme cela existait dans les débuts de la photographie. Il faut que la figure soit mise en relief simplement par l'ombre et la lumière projetée sur un fond uni, ou plus facilement encore, par l'emploi d'un fond présentant une certaine variété de teintes graduées. Le côté le *plus éclairé* de la tête doit *s'enlever* sur le côté le *plus ombré* du fond; le côté le *plus obscur* de la figure sera mis en relief par le côté le *plus clair* du fond. Si la gradation est bien ménagée, on obtient ainsi une grande vigueur. On trouve aujourd'hui très facilement dans le commerce des fonds peints de cette manière, excellents pour les portraits bustes ou mi-corps. On les tend sur des cadres solides de 2m40 de hauteur sur 2 mètres de largeur; on en place deux dos à dos sur deux consoles à roulettes reliées à la traverse la plus basse.

Adam Salomon a l'un des premiers (en 1867) montré l'importance du fond dans le portrait; il a imaginé le fond semi-circulaire (*fig. 381*). Ce fond a environ 2m40 de haut et 3 mètres de large au diamètre du cercle. Sur chaque côté se trouvent deux cadres mobiles à charnières d'environ 1m20 de large; à la partie supérieure se place un cadre à peu près semblable. Le toit qui recouvre la partie cylindrique est un demi-cercle muni de charnières sui-

1. *Phot. Correspondenz*, 1871, p. 57.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 280.

vant un de ses rayons. Le châssis et le toit sont couverts de mousseline blanche mince; le fond est en étoffe unie. En tournant le fond en face de la lumière, l'image photographique présentera une teinte sensiblement uniforme; en le tournant contre la lumière, on obtiendra un fond plus ou moins noir. Le modèle, placé à peu près au centre du fond, aura son côté le plus éclairé qui se détachera sur la partie sombre du fond, tandis que le côté sombre du modèle se relèvera sur le côté clair. En ouvrant et fermant les rideaux qui se trouvent à la partie supérieure, on pourra varier les effets produits par ce dispositif. Kurtz, dès 1869, se servait d'un fond circulaire en forme de coupe ou en forme de cône[1].

Pour les portraits en pied, il est d'usage de se servir d'un fond peint représentant soit un intérieur, soit un paysage. Ce fond doit toujours avoir

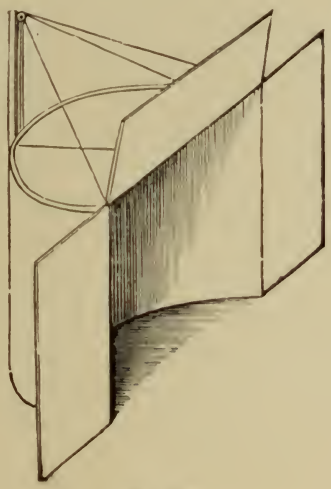


Fig. 381.

une importance secondaire : il doit mettre en relief la tête sans que l'attention soit distraite de la figure. Il faut avoir une série de ces fonds, autant que possible sans horizon, car il est difficile de placer le modèle sur cette ligne d'horizon.

Montagna[2] a proposé de faire poser le modèle sur un fond uni, sombre, puis d'enlever ce fond et de découvrir ainsi un fond transparent sur lequel on projette, le modèle étant dans l'obscurité, une image agrandie du paysage sur lequel le modèle doit se dessiner. Humbert de Molard avait imaginé un dispositif semblable à celui proposé par M. Montagna.

Le fond et les accessoires dont on entoure le sujet doivent être appropriés au caractère du modèle; c'est au photographe d'apprécier celui qui convient le mieux : ceci est affaire de sens et d'éducation.

1. *Philadelphia Photographer*, 1869, p. 292.
2. *Ibid.*, 1864, p. 312.

Les meubles qui servent d'accessoire doivent être des meubles de goût. On doit autant que possible éviter de se les procurer chez des marchands quelconques : mais il est à remarquer que tout ce qui se fait *spécialement* pour la photographie est le plus souvent faux et grotesque, comme si les photographes constituaient une classe de gens dépourvus de goût. Les accessoires ne doivent jamais avoir l'importance du sujet principal, mais présenter un caractère d'absolue vérité. Les sièges et les meubles doivent être semblables à ceux que l'on trouve dans les maisons des bons fabricants de meubles. Les étoffes pourront se draper facilement ; les tentures doivent, autant que possible, être dans le genre ancien ; quant aux tapis, ceux du Daghestan sont d'un bel effet en photographie.

Robinson[1] recommande parmi les principaux accessoires un paravent japonais à trois ou quatre lames ; on peut l'employer pour faire des fonds ou pour animer un fond qui serait trop peu vivant. Les balcons et les balustrades factices sont d'un emploi difficile si l'on tient à sortir de la banalité. Quelques paniers, des vases garnis de fleurs *naturelles* (à défaut de fleurs artificielles), des éventails, des dentelles, des jouets d'enfants, etc., constituent les accessoires les plus usuels.

Pour faire poser les enfants, il est bon d'avoir une plate-forme de 1m20 de côté et de 40 centimètres de hauteur ; ce simple appareil permet d'éviter l'emploi de pieds trop bas. On disposera sur cette plate-forme quelques rochers en carton-pierre, des brins d'herbe, etc., de façon à masquer le raccordement de cet accessoire avec le fond.

C'est dans le choix de l'ameublement que se montre souvent le sens artistique du photographe. Il est à remarquer que celui qui fait ainsi preuve de goût provoque une impression favorable sur le sujet à photographier ; cette impression se retrouve presque toujours dans l'épreuve finale.

Il est très utile, malgré la rapidité des procédés actuels, de se servir de l'appuie-tête ; cet accessoire, s'il est bien construit et convenablement employé, est un aide des plus précieux pour la pose.

Tout le matériel, tous les accessoires doivent avoir dans l'atelier une place parfaitement déterminée, ce qui ne veut pas dire que tout doive être disposé dans un ordre froidement régulier ; on doit cependant éviter un certain genre de désordre qui impressionne désagréablement.

## § 2. — ÉCLAIRAGE DU MODÈLE.

**215. Portraits.** — Le but à atteindre en éclairant une tête, c'est d'arriver à obtenir une image présentant du modelé et du relief. Le photographe débutant qui opère dans un atelier qu'il ne connaît pas encore devra commencer par étudier les effets d'ombre et de lumière sur un buste en plâtre[2]. On obtient les effets d'éclairage par l'emploi convenable : 1° de stores, 2° d'écrans.

1. *L'Atelier du photographe.*
2. H. Vogel, *Bulletin belge de la photographie*, 1866, p. 256.

Supposons que l'atelier (*fig. 368*) présente un vitrage sur toute sa longueur, nous diviserons ce vitrage en six parties (*fig. 382*) : les parties extrêmes auront 1m50 de large, les stores 1, 2, 3, 4, auront 1m25 ; les stores extrêmes seront en velours noir[1], les stores 1, 2, 3, 4, en étoffe grise ou blanche. Ces stores pourront coulisser sur des fils

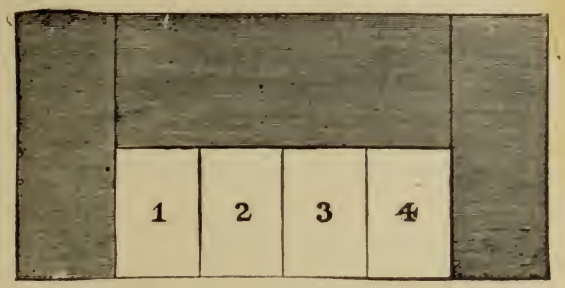



Fig. 382.

de *tailon ;* on les manœuvrera à l'aide de poulies. Les rideaux doivent être montés de façon à pouvoir se recouvrir légèrement l'un l'autre. Dans ces conditions, l'éclairage qui donnera généralement les meilleurs résultats sera obtenu en fermant complètement les stores extrêmes, relevant à moitié le 1 et le 4, relevant complètement le 3

Fig. 383.

et le 2. Les vitres de cette partie du vitrage doivent être recouvertes de papier dioptrique. La chambre noire sera en *c*, le modèle en *b*, le fond en *a* (*fig. 383*). Le modèle sera à environ 1 mètre du fond. En éloignant le modèle du fond, on obtient des effets plus doux : c'est là en quelque sorte un éclairage classique : la lumière est prise du haut et de côté.

1. Meyer et Nicolaysen, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869, p. 88.

Si l'on désire obtenir ce que l'on appelle éclairage de fantaisie, on place le modèle sous le point de jonction des stores 2 et 3, en se rapprochant du 3 ; on relève à moitié le 2, on abaisse 3 et 4 ; on tourne la tête du modèle

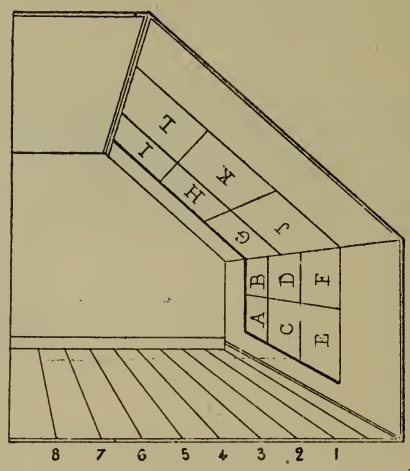



Fig. 384.

de profil vers la lumière. Pour ce genre d'éclairage, il faut faire tourner le visage contre la lumière et le faire ressortir en noir sur un fond clair.

L'excès de lumière verticale est utile pour donner de la force et du modelé

Fig. 385.

à certains visages plats et vulgaires qui ne possèdent par eux-mêmes que peu de relief ; la lumière de côté doit, au contraire, être employée pour un modèle qui a des sourcils épais, des yeux profonds ou des traits accusés :

on voit donc que le choix de l'éclairage dépend du modèle à photographier. Il n'est donc pas possible de donner de règles fixes pour l'éclairage ; voici cependant quelques indications qui permettront d'obtenir un certain nombre d'effets. Supposons que nous divisons en douze parties le vitrage de l'atelier (*fig. 384*), chacune de ces parties pouvant être cachée par un store opaque ; désignons par A B C... L chacun de ces stores et divisons le plancher de l'atelier en huit parties égales ; désignons par *s* la position du sujet et *c* celle de la chambre noire, numérotons les lames du parquet, nous pourrons obtenir les éclairages suivants :

Éclairages classiques : 1° *c* en 3, *s* en 3 en face AB ; fermer ABFGHIL. — 2° *c* en 4, *s* en 4, vis-à-vis A et C ; fermer ABCDHIL. — 3° *c* en 4,

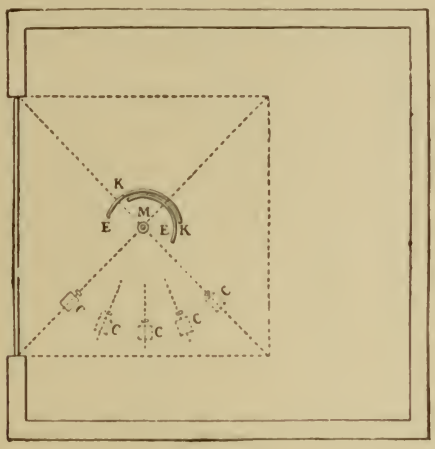



Fig. 386.

*s* en 2,5 vis-à-vis AB ; fermer ABCDGHIL. — 4° *c* en 4, *s* en 5 vis-à-vis AB ; fermer CEFHIL. — 5° *c* en 3,5, *s* en 4,5 ; fermer ABEFGHIL. — 6° *c* en 5, *s* en 5 ; fermer ABEFGHIL.

Éclairages de fantaisie : 7° *c* en 5, *s* en 1 ; fermer CEFHJK. — 8° *c* en 5, *s* en 1,5 entre C et D ; fermer BCEFHIK. — 9° *c* en 5, *s* en 2 en face D ; fermer CEFHIK. — 10° *c* en 7, *s* en 3 en face D ; fermer AEFHIJK.

Lorsque le modèle entre dans l'atelier, la première question à résoudre est de reconnaître quel est le côté du visage qui donnera le meilleur portrait. On examine le modèle de face : le côté à reproduire est celui qui a l'œil le plus grand ou le plus haut ; c'est l'œil le plus grand qui doit être reproduit, de telle sorte qu'il soit le plus près de la chambre noire. En général, c'est le côté gauche qui est le meilleur.

Pour un portrait de trois quarts, il est bon de faire tourner complètement le modèle de profil : les épaules doivent être de niveau et le corps vertical ; les yeux doivent être en harmonie avec la tête, c'est-à-dire qu'ils doivent prendre la même direction que celle du visage ; si la tête est tournée vers la droite, l'œil doit suivre la même direction.

Les dimensions d'une tête sur une épreuve carte de visite ne doivent pas

dépasser 28 millimètres ; pour une carte-album la dimension de la tête doit être d'environ 40 à 50 millimètres.

Dans les portraits autres que les bustes, la position des mains est assez importante : il faut faire recourber gracieusement les doigts. La partie de gauche du croquis (*fig. 385*) montre qu'il faut peu de chose pour rendre les mains disgracieuses.

La pose doit être simple. Il faut éviter ces contorsions que certains photographes imposent à leur modèle, sous prétexte de rendre le sentiment de

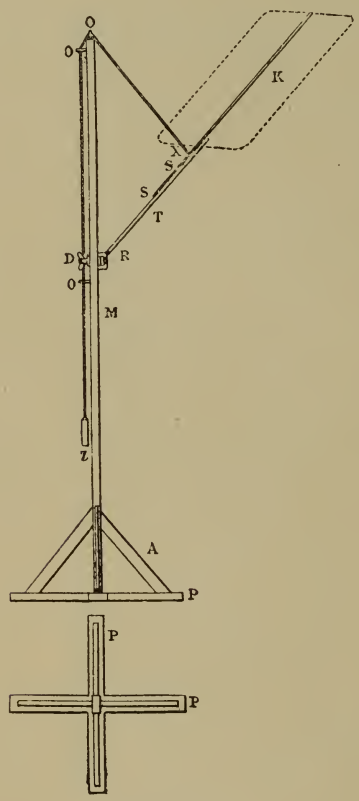



Fig. 387.

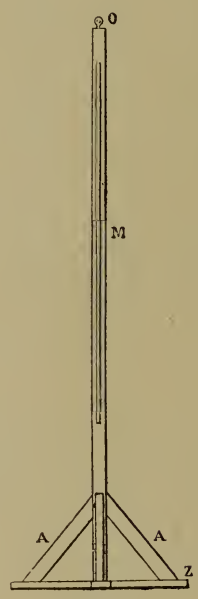



Fig. 388.

la vie et du mouvement, il faut éviter les extrêmes ; comme le dit Robinson[1] : « l'art doit dissimuler l'art ».

Le groupe de plusieurs personnes est difficile à obtenir d'une manière artistique sans sacrifier l'une des parties du groupe à l'autre. Si le groupe se compose de plus de deux personnes, on le fera dans le sens de la longueur de la plaque.

L'appui-tête doit être adapté à la tête lorsque la pose est donnée. Il ne faut pas oublier que c'est un accessoire et que ce n'est pas la tête qui doit

1. *De l'effet artistique en photographie.*

venir s'adapter à l'appui. En employant convenablement cet appareil on parvient à persuader au modèle qu'il n'a aucun effort à faire pour se tenir tranquille : c'est donc un aide précieux pour la pose, aussi ne doit-on pas négliger son emploi.

**216. De l'écran de tête**[1]. — Klary[2] place le modèle en M (*fig. 386*) à 1m50 du vitrage de côté, le fond en K et la chambre en C. Il place au-dessus de la tête du modèle, à 0m90, un écran qui permet d'adoucir la lumière verticale. Un bâti en bois (*fig. 387 et 388*) sert à supporter un écran K, constitué par un cadre en fil de fer de 0m85 de côté, sur lequel on tend une étoffe transparente ou opaque, blanche ou colorée. Un dispositif figuré en détail (*fig. 389 à 392*) permet de placer cet écran dans toutes les positions et sous tous les angles possibles. Cet écran a pour effet d'adoucir

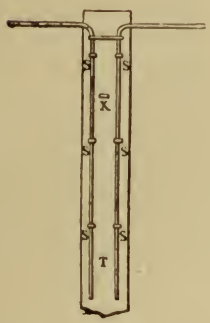


Fig. 389.

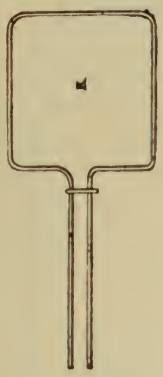


Fig. 390.

Fig. 391.

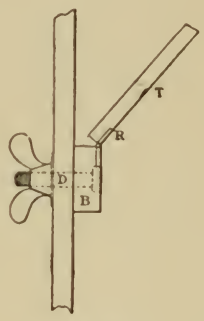


Fig. 392.

les ombres; par son emploi on obtient une teinte harmonieuse et fondue sur tout le modèle; il peut suppléer, dans certains cas, à l'emploi des rideaux. L'expérience apprend bien vite comment l'on doit manier cet appareil.

Slingsby emploie un châssis recouvert de simple mousseline (*fig. 393*): ce châssis a environ 1 mètre de large. Th. Prüm emploie un cercle de 0m60 de diamètre recouvert de gaze violette (*fig. 394*). Midwinter, de Bristol, se sert d'un écran vertical de fine batiste qu'il place du côté où la lumière arrive sur le modèle; du côté de l'ombre il place un écran vertical, recouvert de calicot, auquel est appliqué latéralement une sorte de dais gris ou bleu ardoise que l'on tourne dans la direction du modèle (*fig. 393*).

Kent s'est servi le premier d'un cadre de bois très léger de 0m90 de côté. Sur ce cadre se trouve tendu du calicot très fin; à ce cadre est attaché un manche de 3 mètres de long, aussi léger que possible. Ce cadre est placé au-dessus de la tête du modèle; on l'oriente convenablement de façon à obtenir le meilleur éclairage. On peut avoir un certain nombre de ces écrans qu'un

1. Voyez pour l'écran de tête, *The Philadelphia photographer*, octobre 1873.
2. *L'éclairage des portraits photographiques*, Gauthier-Villars, 1887.

aide tient à la main et dirige suivant la volonté de l'opérateur placé près de la chambre noire.

Gondy[1] emploie un appareil composé d'une sorte de niche formée seulement de deux châssis latéraux, d'un autre châssis formant fond et d'un autre formant plafond. Le modèle pose au centre de cette niche. Les châssis latéraux sont divisés, par les montants et par une barre horizontale, en deux sortes de cadres, pouvant, l'un et l'autre, être fermés isolément par un rideau. Le châssis de fond est toujours libre, et se présente, suivant des

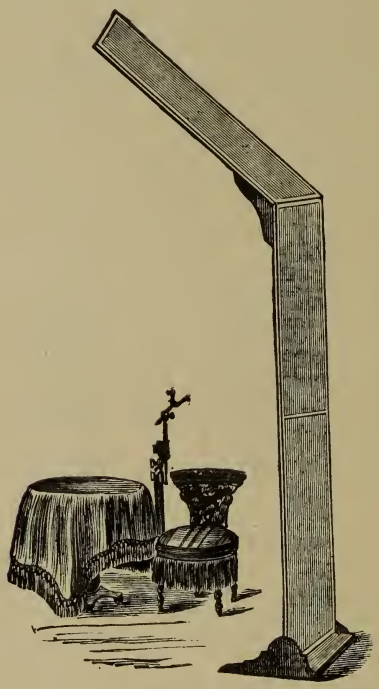


Fig. 393.

combinaisons diverses, devant la surface qui doit servir au portrait de fond proprement dit.

Cet appareil est aisément mobile, et pour obtenir par son aide les effets les plus divers, Gondy le place auprès du vitrage qui éclaire l'atelier, tantôt parallèlement aux rayons lumineux, tantôt suivant un angle déterminé. A l'aide des rideaux des châssis latéraux il éclaire à volonté telle ou telle partie du modèle; le rideau du plafond remplit le même office, et enfin l'orientation des châssis par rapport à la direction de la lumière lui permet d'obtenir les effets les plus variés.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1870, p. 169.

**217. Emploi des réflecteurs.** — Le réflecteur est destiné à renvoyer de la lumière réfléchie sur le modèle. L'un des réflecteurs les plus pratiques est celui d'Adam Salomon (*fig. 396*). Chaque cadre carré mesure 0m90 de côté; l'une des faces du réflecteur est peinte en blanc, l'autre face est recou-

Fig. 394.

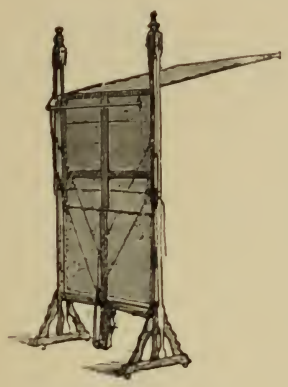


Fig. 395.

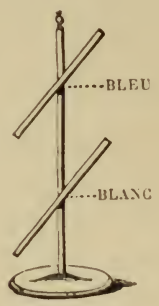



Fig. 397.

verte de feuilles d'étain, ce qui donne une très forte lumière. Luckardt se sert d'un écran ayant environ 1m50 de hauteur, garni en partie d'étoffe claire, en partie d'étoffe foncée. Angerer se sert d'un écran analogue à celui d'Adam Salomon (*fig. 397*).

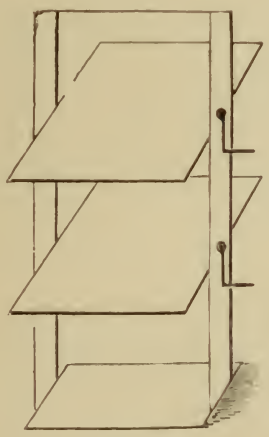


Fig. 396.

Rolloy[1] avait proposé l'emploi de réflecteurs en argent fin, mesurant 1m2 et pouvant se tendre sur un châssis ou se rouler en store; chaque réflecteur

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1863, p. 127.

pesait 250 grammes. On peut aujourd'hui remplacer ces réflecteurs par une glace argentée.

L'emploi des écrans blancs a été recommandé par Michel Sweojzer[1] pour adoucir les ombres du modèle; ces écrans étaient à surface plane. Regnault a insisté sur les avantages que présenteraient des écrans de forme cintrée entourant le modèle.

L'emploi d'un réflecteur métallique a été indiqué d'abord par Woolcot[2]. Les réflecteurs métalliques ont été d'ailleurs employés avec succès par

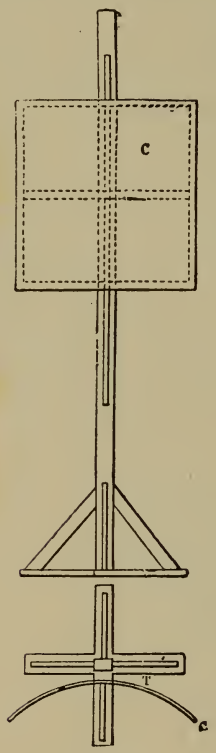



Fig. 398.

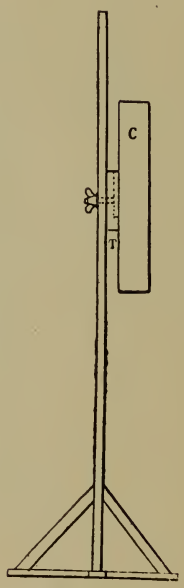



Fig. 399.

H. Vogel, Evens pour la photographie des intérieurs[3]. Waller[4] s'est servi de réflecteurs analogues à ceux d'A. Salomon.

Rawson[5] a proposé l'emploi d'un réflecteur multiplicateur. Le modèle fait face à cet instrument, composé d'une série de châssis ou armoires à volets renfermant des réflecteurs isolés les uns des autres. Le réflecteur est dressé

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1864, p. 312.
2. Dingler, *Polyt. Journ.*, 1840, p. 122.
3. *Phot. Mitth.*, 1868, p. 131.
4. *Phot. News*, 1874, p. 139.
5. *Philadelphia photographer*, 1867 (mai).

verticalement sur le chariot prolongé de la chambre noire, en face de l'objectif, à une distance variable avec le nombre des miroirs. Le modèle est donc placé du même côté que l'opérateur et du côté opposé à l'objectif; on peut par ce moyen obtenir simultanément plusieurs images.

Fig. 400.

Klary emploie un réflecteur concave C (*fig. 398* et *399*) dont la hauteur est 0m65; la longueur de l'arc a 0m75 et la corde 0m62; il glisse dans une rainure pratiquée dans le montant T. Ce réflecteur est garni à l'intérieur d'une étoffe rose ou jaune pâle; il sert à améliorer le côté de l'ombre.

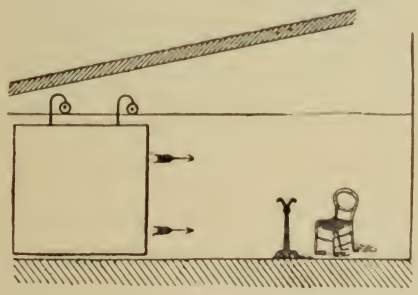


Fig. 401.

Comme moyen pratique de reconnaître si l'éclairage est satisfaisant, Klary recommande d'examiner les points lumineux qui se trouvent dans les deux yeux. Ces points lumineux doivent se trouver sur la partie haute de l'œil, du côté le plus rapproché de la lumière latérale et non au centre. Il faut modifier l'éclairage jusqu'à ce que ces points apparaissent dans les deux yeux pour que l'éclairage soit convenable.

Pour éviter la réflexion de la lumière qui se produit sur les murs de l'atelier si ces murs sont peints avec des couleurs trop claires et trop actiniques, il est bon de tendre, dans l'intérieur de l'atelier, sous la ligne la plus élevée du vitrage (c'est-à-dire sous le parasoleil), un rideau d'un gris assez clair, qui ne réfléchit presque pas de lumière actinique.

L'œil du modèle doit fixer un espace de 0m08 de diamètre. En général, on recommande au modèle de fixer une carte-album, assujettie sur un support pouvant s'élever plus ou moins; pendant la pose, les paupières ne doivent pas être astreintes à l'immobilité (*fig. 400*).

L'opérateur doit s'exercer à observer l'effet de l'éclairage sans regarder sur le verre dépoli de la chambre noire; moins l'opérateur manie son

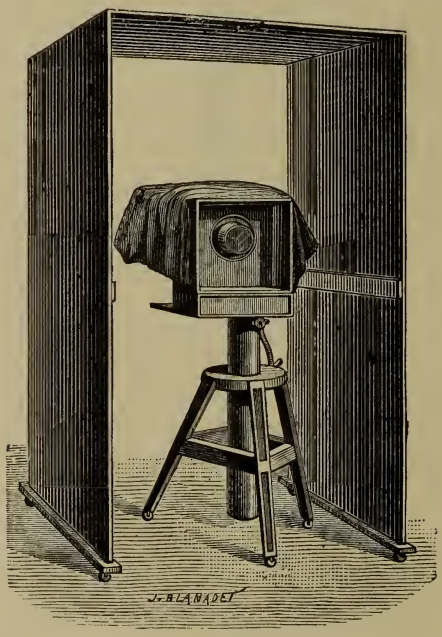



Fig. 402.

modèle, meilleur sera le résultat. Il n'y a généralement rien à espérer d'un sujet qu'on a *martyrisé* pour lui donner une pose convenable. Le modèle fatigué présente rarement une figure gracieuse.

La tête doit être tournée sans effort et ne pas pencher vers la chambre noire, résultat que l'on voit souvent dans les mauvais portraits improprement appelés à la Rembrandt.

Les fonds tendus sur cadre doivent être suspendus par le haut. La partie supérieure doit être fixée à deux galets (*fig. 401*) qui roulent sur une tringle en métal. Chaque fond peut donc être tiré en avant, ou poussé en arrière, à la volonté de l'opérateur, par un simple mouvement de la main. Dans les ateliers trop étroits pour permettre ce dispositif, on les fixe du côté du mur à un pivot vertical qui permet de les déplacer très facilement.

Pour éviter que la lumière ne frappe les parois de l'objectif, on place habituellement ce dernier au fond d'un tronc de pyramide quadrangulaire qui se loge à l'intérieur de la chambre noire. Au lieu de ce dispositif on peut employer une espèce de dais (*fig. 402*) qui permet de projeter l'ombre sur la chambre noire : cet appareil mesure environ 1m80 de hauteur sur 1m80 de largeur.

**218. Atelier pour reproductions.** — S'il s'agit de reproduire des statues, on observera les principes généraux indiqués pour le portrait.

Les photographies de cartes, plans, gravures, etc., sont généralement obtenues en éclairant le sujet de face. Quelquefois, pour éviter le grain du papier, on place le sujet au fond d'un tronc de pyramide quadran-

Fig. 403.

gulaire (*fig. 403*) dont les faces sont formées soit de feuilles de papier végétal, soit de feuilles de papier d'étain. Il est indispensable, comme nous l'avons indiqué, que l'appareil soit placé horizontalement.

Les tableaux se reproduisent difficilement, soit à cause de leurs couleurs, soit à cause du vernis. Les difficultés provenant des couleurs peuvent être facilement vaincues par l'emploi des plaques orthochromatiques et d'un diaphragme compensateur en verre coloré. Quant aux réflexions produites à la surface du vernis, on les évite complètement en enfermant le tableau dans un grand prisme hexagonal en étoffe noire qui ne reçoit que la lumière verticale. Le tableau se place sur une des faces intérieures de ce prisme : on pratique dans la face opposée une ouverture destinée à laisser passer l'objectif; on relie cette ouverture à l'appareil à l'aide d'un voile noir.

Les réflexions à la surface de l'objet à reproduire sont souvent très nuisibles. L'emploi du tronc de pyramide quadrangulaire, garni de papier mat, peut, dans certains cas, donner de bons résultats (*fig. 403*). S'il s'agit de photographier des vases en métal poli, on peut provoquer à leur surface un dépôt de rosée en mettant de la glace dans leur intérieur; la buée qui se forme empêche alors toute réflexion lumineuse trop accentuée.

## § 3. — Travail hors de l'atelier.

**219**. On peut exécuter au dehors la plupart des travaux qui se font dans l'atelier; mais ces sortes d'opérations se font avec moins de facilité que dans l'atelier vitré. Indépendamment des portraits, groupes, reproductions, on peut faire des paysages, vues de monuments, etc.

**220 Portraits.** — Le portrait peut être fait soit en plein air, soit dans une chambre. Dans le premier cas, il convient d'employer le fond portatif de A. Salomon ou tout autre analogue. Enjalbert a modifié ce fond de

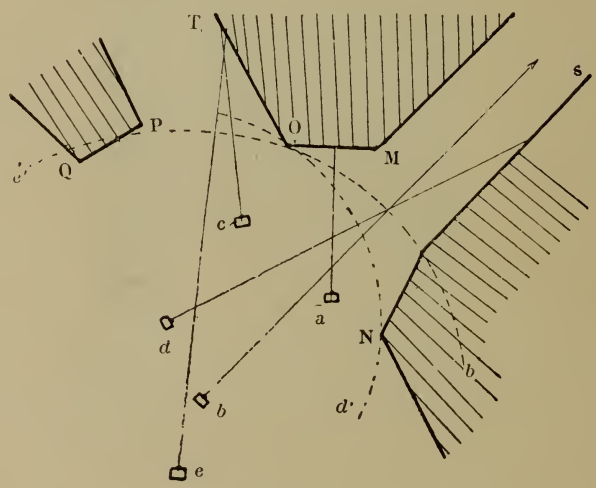



Fig. 404.

manière à le rendre très pratique : il se sert de montants articulés en bois reliés par des lames d'acier qui permettent d'obtenir un fond cintré. L'écran de tête et le réflecteur seront fort utiles dans ce cas. En l'absence de fond cintré, on placera le modèle près de l'angle d'un mur exposé à l'ombre, pourvu que ce mur soit assez élevé. S'il s'agit d'obtenir un portrait buste, on pourra, à l'aide d'ombrelles formant écran, modifier convenablement la lumière verticale.

Les groupes doivent présenter les personnages qui les composent de telle façon que l'ensemble présente un arrangement en forme de triangle ou de diagonale, rarement d'un losange. La disposition des modèles sera faite de manière à ce que l'on puisse, par une disposition convenable, favoriser la courbure du champ (*fig. 404*). La chambre étant en *e* ou en *d*, on pourra

reproduire nettement les sujets N, O, P, avec plus de profondeur de foyer que si l'on plaçait l'appareil en *a*, *b* ou *c*. Autant que possible, on opèrera

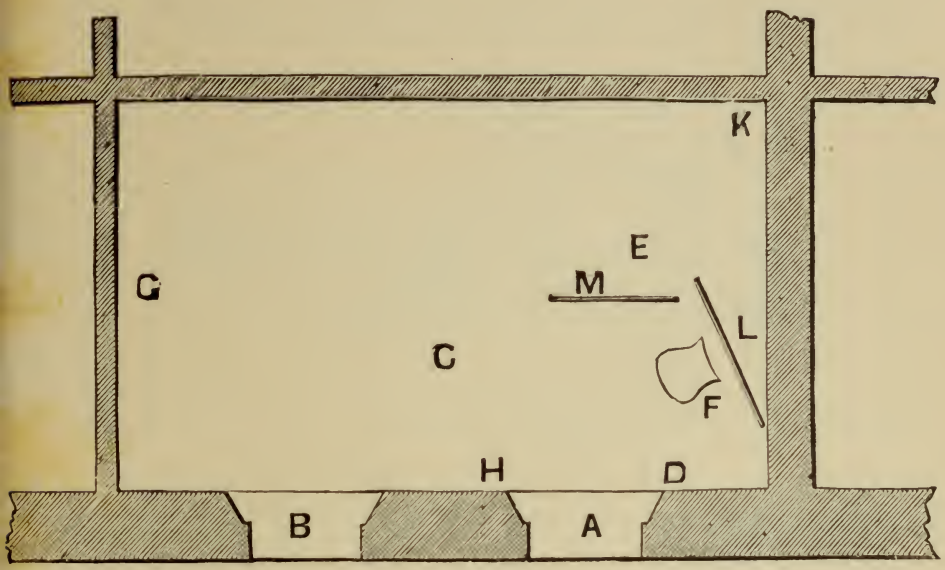



Fig. 405.

par un ciel couvert, car la lumière directe d'un ciel serein (et à plus forte raison celle du soleil) donne une trop forte opposition entre les ombres et les clairs.

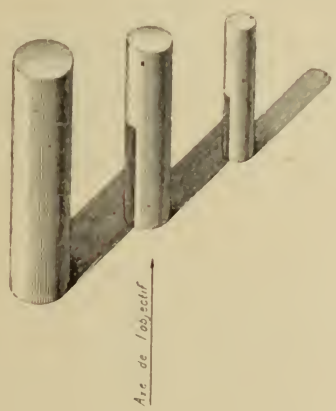



Fig. 406.

On peut dans une chambre ordinaire obtenir de bons portraits, surtout si l'on se borne à faire des portraits bustes : ce genre s'impose d'ailleurs le

plus souvent par suite du manque de recul. Soient A et B (*fig. 405*) des fenêtres larges de 1 mètre : on place le modèle en F, un réflecteur en M, la chambre noire dans les environs de H. Pour obtenir des effets d'ombre on pourra placer la chambre noire dans la direction E, K, en modifiant, bien entendu, la position du réflecteur. Au lieu d'employer un réflecteur pour

Fig. 407.

Fig. 408.

adoucir l'ombre, on pourra brûler, en M, pendant une fraction du temps de pose, un petit fragment de fil de magnésium.

**221. Paysages.** — L'éclairage d'un paysage est extrêmement important. Il faut, autant que possible, choisir l'heure à laquelle la direction des ombres produites par les rayons lumineux forme un angle voisin de 45° avec l'axe de l'objectif (*fig. 406*) ; de cette façon, les parties claires du sujet s'enlèveront sur les parties sombres et on aura immédiatement la sensation du relief. L'éclairage qui se produit vers midi est généralement mauvais.

Fig. 409.

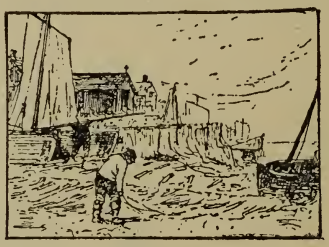


Fig. 410.

Le choix du point de station est extrêmement important. L'on ne peut rien dire à ce sujet sans entrer dans des questions d'esthétique auxquelles les photographes sont trop souvent étrangers. Le développement que comportent ces questions ne nous paraît pas devoir être placé ici ; nous pouvons cependant faire quelques remarques générales. Les meilleurs effets s'obtiennent par le contraste des lignes, des ombres et de la lumière : ce dernier contraste ne doit pas être exagéré, sans quoi l'image est heurtée.

On peut reconnaître dans tout dessin ou peinture artistique, certaines parties principales qui forment des lignes de direction : ces lignes ne doivent pas être parallèles ; on dit alors qu'elles sont supportées. Dans la figure 407

les lignes tombantes de l'arbre de droite sont supportées par celles de l'arbre de gauche; les lignes de l'avant-plan des rochers (*fig. 408*) sont opposées à celles des montagnes; le premier plan obscur est supporté par le lointain éclairé, etc. On fait confondre très souvent la ligne principale avec la diagonale de la plaque (*fig. 409*) et l'on place dans l'angle de la

Fig. 411.

plaque un (*fig. 410*) ou plusieurs objets (*fig. 411*) qui supportent les autres ou forment contraste avec eux.

Il suffit souvent de déplacer très peu la chambre noire pour obtenir de bons résultats; il ne faut pas que l'une des moitiés de la plaque soit le fac-simile de l'autre (*fig. 412*). En général, une avenue d'arbres, une rivière,

Fig. 412.

Fig. 413.

une rue, exigent que la chambre noire soit placée ailleurs qu'au centre (*fig. 413*). On recherchera dans un paysage le contraste des lignes et des lumières. On en voit un exemple (*fig. 414*); mais il faut éviter de distraire du sujet principal du tableau toute l'attention. On ne doit pas brusquement terminer le paysage comme dans la (*fig. 415*); une arche de pont doit être supportée par autre chose que les marges de l'épreuve. Le centre de l'épreuve est toujours le point le plus faible; on évitera de placer là l'objet principal. Si l'on dispose des personnages dans un paysage, il faut éviter de les faire regarder vers la chambre noire; presque toujours un personnage placé dans une vue doit regarder un des objets apparents sur l'épreuve.

La ligne d'horizon ne doit pas passer au milieu de l'image en la divisant en deux parties égales : généralement, elle doit être en dessous, car il existe souvent de beaux effets de nuages à reproduire.

**222. Monuments.** — L'éclairage le plus favorable pour la reproduction des monuments est celui à 45°. Il est indispensable que la chambre

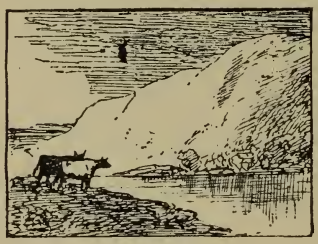


Fig. 414.

Fig. 415.

noire soit placée bien horizontalement[1] lorsqu'on photographie un sujet d'architecture. A moins de vouloir obtenir une vue topographique du monument, on évitera soigneusement de le photographier de face (*fig. 416*) : il vaut mieux écarter la chambre noire de quelques mètres et obtenir une vue perspective (*fig. 451*).

§ 3. — Éclairage artificiel de l'atelier.

**223. Éclairage au magnésium.** — Au lieu d'éclairer le modèle par la lumière du jour, on peut l'éclairer par la flamme du magnésium, dont le

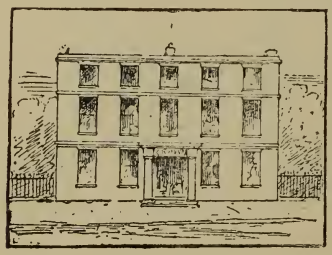


Fig. 416.

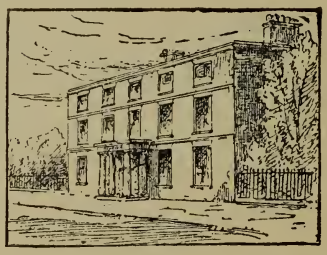


Fig. 417.

pouvoir actinique a été signalé par Bunsen[2] et Roscoë en 1859. Crookes avait indiqué l'usage qu'on pouvait en faire en photographie. Les premiers essais de ce genre ont été faits par : H. Vogel à Berlin; Brothers, qui obtint un portrait de Faraday; Maddox qui exécuta des photomicrographies à l'aide cet éclairage.

1. Fierlants, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869, p. 65.
2. *Pogg. Ann.*, V. 108, p. 266.

William Mather, de Salford, et Hart de Kingsland, ont l'un et l'autre imaginé[1] une lampe dans laquelle le fil débité à la main était dirigé à travers des rouleaux et un tube sur la flamme d'une lampe à alcool, de manière à rendre impossible toute chance d'extinction. A cette lampe, M. Alonso Grant adapta un mouvement d'horlogerie, et Solomon[2] lui donna la forme représentée (*fig. 418*). La lumière du magnésium fut employée par Piazzy Smith pour photographier l'intérieur de la grande pyramide d'Égypte. Brothers[3] fit observer qu'il était utile de faire mouvoir la lampe pendant la pose du modèle, afin d'adoucir les ombres. H. Vogel a recommandé l'emploi d'un réflecteur métallique en face du fil de magnésium. On peut aussi, d'après

Fig. 418.

Hart et Pertsch, employer un simple réflecteur de carton blanc. Carey Lea[4] a fait remarquer qu'avec la lumière du magnésium il est utile de se servir de fonds plus clairs que ceux que l'on emploie d'habitude; sans cela ils sont trop foncés sur l'épreuve. Il n'est pas bon de rapprocher le modèle du fond.

**224. Poudre de magnésium.** — Larkin[5] brûlait le magnésium à l'état de poudre, mélangée à du sable fin; la combustion était produite par le gaz de l'éclairage. Les deux courants, gaz et poudre, traversent un tube et brûlent à l'orifice de ce tube. Ghebbard[6] projette (en comprimant une poire en caoutchouc), sur une simple lampe à essence, la poudre de magnésium pure contenue dans un tube de verre; il peut multiplier ces divers tubes qu'il place devant plusieurs lampes et obtenir ainsi un *éclair magnésique*

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 321.
2. *Ibid.*, 1865, p. 45.
3. *The Phot. Journ.*, London, 15 mars 1864.
4. *Phot. News*, 6 avril 1866.
5. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1866, p. 277.
6. *La Nature*, 1889.

d'une grande intensité. Meydenbauer, Gœdicke et Miethe ont donné la composition d'une poudre destinée à produire par son inflammation une vive lumière. Cette poudre renferme 6 grammes de chlorate de potasse très sec, 3 grammes de magnésium en poudre et 1 gramme de sulfure d'antimoine. Chacune des substances est finement pulvérisée *séparément;* on les mélange ensuite sur une feuille de papier, et l'on enflamme le mélange. Skaife[1] obtenait une lumière très vive en projetant la poudre de magnésium sur du chlorate de potasse en fusion.

On a essayé de brûler le magnésium dans l'oxygène pur : la lumière est très brillante (Troost). Le mélange de zinc et de magnésium donne une lumière moins active que celle fournie par le magnésium pur[2].

Taylor[3] a essayé l'emploi du zinc-éthyle comme lumière artificielle; il n'y a pas d'avantages réalisés par l'emploi de ce composé.

**225. Lumière électrique.** — L'action de la lumière électrique sur les composés chimiques a été observée pour la première fois par Brande[4]. Sillman et Goode ont, en 1840, obtenu une image sur plaque daguerrienne à l'aide de l'arc électrique[5]. Aubray, Millet et Leborgne[6] ont les premiers appliqué la lumière électrique à l'obtention de portraits. Nadar[7], en 1860, obtenait ainsi des portraits : il se servait d'une pile de cinquante éléments, d'une lampe Serrin, et concentrait la lumière à l'aide d'un réflecteur métallique barbouillé de craie. Van der Weyde[8] a employé un dispositif analogue : la machine Gramme qui fournissait l'électricité était actionnée par un moteur à gaz de la force de cinq chevaux-vapeur. La lumière électrique est aujourd'hui employée dans bien des ateliers, soit pour les portraits, soit pour les reproductions; on se sert principalement de lampes à arc.

**226. Lumière du gaz.** — Les premiers portraits[9] à la lumière du gaz ont été faits à Londres en 1857. Law, de Newcastle, se sert d'une lampe à gaz Wigham d'un très fort pouvoir éclairant et d'un réflecteur[10]. Ce réflecteur est constitué par de la tôle galvanisée et du verre strié recouvert d'une forte argenture; ce réflecteur est carré et mesure environ 1 mètre de côté.

**227. Autres sources de lumière.** — Les mélanges usités en pyrotechnie ont été employés en 1853 par Lucenay, en 1854 par Gaudin et Delamarre, et plus tard, en 1857, par Moule[11], qui brûlait le mélange dans une lanterne en tôle, munie d'un réflecteur et d'un tuyau qui permettait l'éva-

1. *Bulletin belge de la photographie*, t. V, 1866, p. 328.
2. *British Journ. Phot.*, septembre 1869.
3. *Ibid.*, 1871, p. 532.
4. *Annales de chimie et de physique*, vol. XIX, p. 205.
5. *Silliman's Amer. Jour.*, I, vol. XLIII, p. 185.
6. *Comptes rendus*, vol. XXXIII, p. 501.
7. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1861, p. 2.
8. *Phot. News.*, 1879, p. 99.
9. Kreutzer, *Jaresbericht*, 1857, p. 527.
10. *Phot. News*, 1880, pp. 338 et 406.
11. *Journ. of Phot. Soc. London*, vol. IV, p. 99.

cuation des fumées. La composition des flammes de Bengale (dont la valeur au point de vue des décompositions chimiques avait été observée par Seebeck en 1812) a varié suivant les opérateurs qui s'en sont successivement servi. Voici, avec le nom de leurs auteurs, les formules des meilleures compositions pour la photographie :

| | Seebeck. | Schnauss. | Wulf. | Gulliver. | Harman. | Boll. | Junghans. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salpêtre | 24 | 112 | 300 | 6 | 864 | 2 | 4 |
| Fleur de soufre | 7 | 42 | 100 | 2 | 288 | 2 | 2 |
| Sulfure d'antimoine naturel | » | 12 | 20 | 1 | 48 | 1 | 1 |
| Réalgar | 2 | » | 40 | » | » | » | » |
| Charbon | » | » | » | » | 24 | » | » |

On s'est servi aussi du mélange de sulfure de carbone et de bioxyde d'azote, dont le pouvoir actinique avait été observé par Babo et Muller[1] en 1856. L'hydrogène chargé d'acide chloro-chromique, le chlorure de zircone, ont été expérimentés par Van Monckhoven[2]. Le phosphore brûlant dans l'oxygène a permis à Bœttger[3] d'obtenir des portraits sur plaqué d'argent. Spiller s'est servi, en 1874, de soufre brûlant à la surface d'un bain de salpêtre en fusion[4]. Riche et Bardy font brûler le soufre dans une capsule en terre placée au-dessous d'un tube qui amène de l'oxygène.

La lumière Drummond, formée par un cylindre de chaux que l'on chauffe à blanc par un jet allumé d'hydrogène et d'oxygène, a été employée par Hill en 1851 pour produire des portraits par le procédé de Daguerre. L'emploi de cette lumière est aujourd'hui réservé pour les agrandissements, les projections, etc. La combustion du pétrole, les plaques phosphorescentes, etc., sont des sources de lumière que l'on n'emploie pas pour l'éclairage de l'atelier.

1. *Fortschritte der Physik*, 1856.
2. *Phot. Correspondenz.*, 1869, p. 215.
3. *Dingler's Polytech. Journ.*, 1856, p. 315.
4. *Phot. News*, 1875, p. 40.

## BIBLIOGRAPHIE.

BADEN-PRITCHARD, *Les ateliers photographiques de l'Europe.*
BLANCHÈRE (DE LA), *L'Art du photographe.*
BUEHLER (O.), *Atelier und Apparat des Photographen.*
BURTON, *A B C de la Photographie moderne.*
EDER (Dr J.-M.), *Ausfürliches Handbuch der Photographie*, I.
KLARY, *L'Éclairage des portraits photographiques.*
LIÉBERT (A), *La Photographie en Amérique.*
LONDE (A.), *La Photographie moderne.*
MONCKHOVEN (VAN), *Traité général de photographie*, 8e édition.
PETSCH et VOGEL (H.), *De la pose et de l'éclairage*, in *Bulletin belge de la photographie*, 1864 et 1865.
ROBINSON, *De l'effet artistique en photographie.*
— *La Photographie en plein air.*
— *L'Atelier du photographe.*
VIEUILLE, *Guide pratique du photographe amateur.*
VOGEL (H.), *Lehrbuch der Photographie.*

# CHAPITRE II.

## LES LABORATOIRES.

**228. Laboratoires.** — Le nombre et la dimension des laboratoires dépendent de l'emplacement dont on peut disposer et des travaux que l'on à effectuer. Le photographe professionnel devra disposer d'au moins trois pièces : 1° le laboratoire obscur pour développement : 2° le laboratoire pour le tirage des épreuves : 3° le laboratoire ou atelier de montage. Chacune de ces pièces peut elle-même

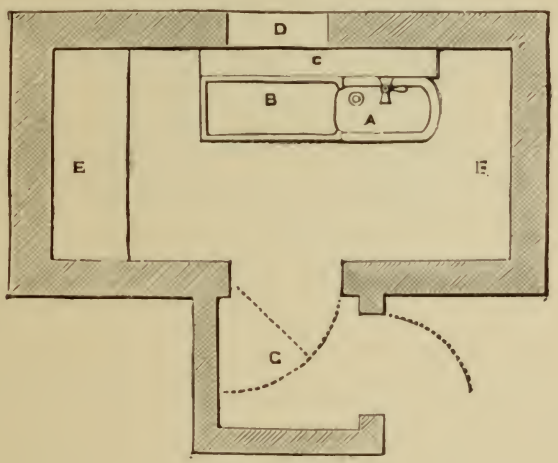



Fig. 419.

se subdiviser en plusieurs parties, suivant l'importance des travaux à exécuter. L'amateur qui n'effectue pas toutes les préparations pourra se contenter d'une pièce qu'il obscurcira convenablement et qu'il éclairera à la lumière d'une lanterne ; il pourra même se servir d'une armoire-laboratoire que l'on peut placer partout.

## § 1. — Laboratoire obscur.

**229. Laboratoire obscur.** — On désigne sous ce nom (et quelquefois sous celui de *cabinet noir, laboratoire sombre, dark room, dunkelkammer,* etc.) le local dans lequel on effectue la préparation des plaques, le chargement des châssis, le développement, etc., toutes opérations qui ne peuvent être faites qu'à l'abri d'une lumière actinique, c'est-à-dire dans une sorte d'*obscurité chimique.* La partie rouge orangée du spectre étant celle qui a le minimum d'action sur l'iodure et le bromure d'argent, on n'admettra que des radiations de cette nature. La porte d'entrée G du laboratoire obscur (*fig. 419*) sera autant que possible munie d'une sorte de tambour absolument fermé à la lumière, qui permettra d'entrer ou de sortir

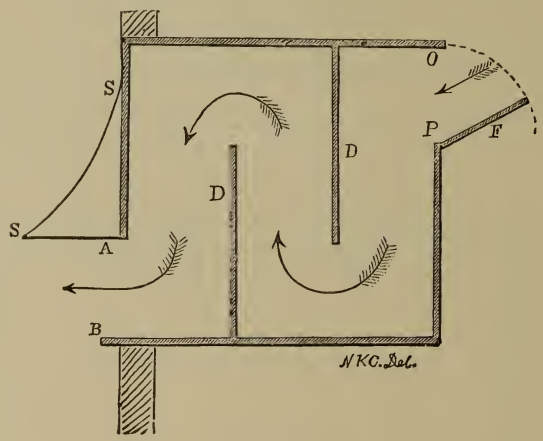



Fig. 420.

sans laisser pénétrer celle-ci dans la pièce. L'aération s'effectuera à l'aide d'un dispositif imaginé par Nelson Cherill, par lequel l'air peut se renouveler (*fig. 420*). L'éclairage s'obtiendra à l'aide d'une large ouverture D (*fig. 419*), autant que possible exposée au nord, munie d'un verre rouge rubis foncé. Devant ce verre, on place un châssis glissant entre deux rainures verticales et portant un verre vert ou jaune. Les murs de ce laboratoire seront peints à l'huile; la couleur de la peinture sera *claire,* ce qui permettra de se guider dans la pièce, même avec peu de lumière actinique. Il est inutile de peindre les murs du laboratoire en noir; en effet, une lumière inactive, réfléchie par les parois, est toujours inactive.

La disposition intérieure du laboratoire obscur varie peu : elle consiste à mettre tout autour de la pièce et à environ 0m80 du sol une rangée de tablettes ayant 0m80 de hauteur environ; au-dessous, à 0m40 de distance, on place une seconde rangée de planches ayant environ 0m40 de large. Les planches du dessus servent de table; celles du dessous servent à placer les divers

ustensiles et accessoires du laboratoire. Les flacons, verreries, produits divers se placent soit dans des armoires vitrées, fixées au mur, soit sur des planches de 0m20 de large, disposées à hauteur convenable. Quelle que soit la dimension du laboratoire, la disposition adoptée par M. Enjalbert, dans son *armoire-laboratoire* (*fig. 421*), représente assez bien l'agencement que l'on doit chercher à réaliser.

Dans quelques établissements très confortablement installés, le laboratoire obscur se compose de trois pièces : 1° le cabinet de préparation : c'est là qu'on sensibilise les plaques au collodion, que l'on garnit les châssis

Fig 421.

négatifs avec les plaques sèches, etc.; 2° le cabinet de développement : c'est dans ce local que l'on développe l'image ; 3° le cabinet de fixage et séchage. Ces trois pièces peuvent être réunies en une seule, que l'on partage en trois places correspondant à la série des trois opérations que nous venons d'indiquer. Si l'on suppose que l'on est en face de l'ouverture D par laquelle arrive la lumière, on placera sous le châssis vitré l'évier A à côté duquel se fera le développement ; on réservera la partie de droite pour la sensibilisation ou le garnissage du châssis, celle de gauche pour le fixage (*fig. 419*).

**230. Éclairage du cabinet noir.** — Nous avons vu que le cabinet noir devait être éclairé par une lumière ayant traversé un verre rouge, jaune ou vert; la source de lumière peut être le jour ou une lumière artificielle.

Stuart Wortley [1] a fait observer que si l'on employait des surfaces sensibles contenant du bromure d'argent pur, il fallait employer deux épaisseurs de verre jaune orangé et deux rideaux de soie rouge que l'on pouvait faire glisser devant la fenêtre. Forster a remarqué [2] que le verre rubis absorbant tout le bleu et tout le vert du spectre, valait mieux que le verre jaune, qui laisse toujours passer un peu de bleu. L'emploi de ce verre rouge était d'une utilité reconnue [3] dès 1873.

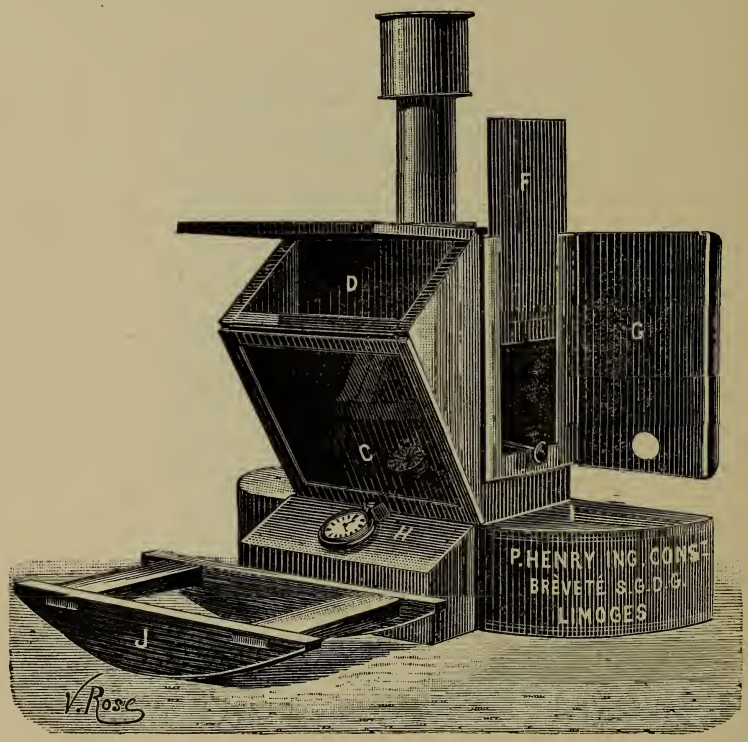



Fig. 422.

Zantedeschi [4], Petschler [5], Liesegang [6], ont recommandé l'usage du verre vert pour l'éclairage du cabinet obscur. Petschler plaçait un verre jaune au-dessous du verre vert; il avait ainsi une lumière peu fatigante pour les yeux.

1. *British Journ. Phot.*, août 1873.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1873.
3. *Polytech. Bull. Philadelph*, 1873.
4. *Horn's Phot. Journ.*, 1858, vol. IX, p. 39.
5. *Ibid.*, 1862, vol. XVII, p. 48.
6. *Phot. Archiv.*, 1861, p. 192.

Au lieu de verres colorés, on peut employer des vernis que l'on étend à la surface du verre; on peut les employer pour teindre du papier ou des étoffes que l'on interposera sur le trajet des rayons lumineux. On peut se servir de solutions alcooliques d'*aurine* ou de *chrysoïdine* dans lesquelles on trempe du papier que l'on laisse ensuite sécher. Bardy donne la préférence au mélange de chrysoïdine et de rouge d'aniline. Un mélange de gélatine et de ces diverses substances peut être étendu soit sur une étoffe légère, soit sur une toile métallique, et fournir ainsi une feuille translucide que l'on peut employer en place de verre pour garnir la fenêtre du cabinet noir. On a proposé pour cet objet le mélange de gélatine et de bichromate de potasse exposé à la lumière, le mélange de bichromate de potasse, acétate de plomb

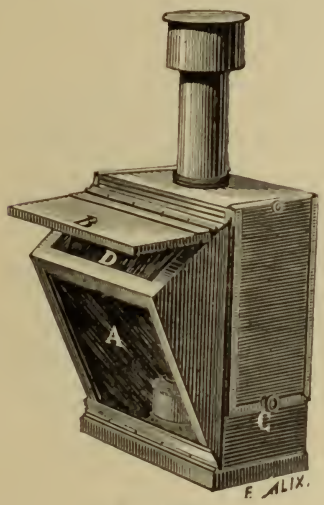



Fig. 423.

Fig. 424.

et empois, etc. L'utilité de ces diverses substances n'a pas été reconnue par la pratique; il en a été de même pour le papier au sulfate de quinine proposé par Obernetter[1].

**231. Emploi de la lumière artificielle.** — Au lieu d'éclairer le laboratoire par la lumière du jour, on peut l'éclairer à l'aide de la lumière artificielle. La lumière monochromatique produite par la flamme d'un brûleur à gaz, au-dessus duquel on place un panier en fil de platine contenant du chlorure de sodium, donne de bons résultats pour les travaux au collodion humide. Si l'on emploie les plaques au gélatino-bromure, il est mieux de s'éclairer avec la flamme rouge produite par les sels de strontium. L'alcool saturé de chlorate de soude ou de chlorate de strontiane donne une flamme monochromatique jouissant des mêmes propriétés; avec les sels de thallium, on obtient une flamme verte monochromatique. Il est quelquefois utile d'employer ces sortes d'éclairages.

1 *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869 p. 270.

Si l'on tient à avoir toujours le même éclairage dans la pratique journalière, on se servira de l'une des lanternes que l'on trouve dans le commerce. Un des meilleurs modèles est représenté par la figure 422; il peut recevoir soit une lampe au pétrole, soit un bec de gaz que l'on règle sans ouvrir la lanterne. La partie antérieure est munie d'un verre rouge en C, d'un verre jaune en D; ce dernier sert seulement à examiner la venue de l'image. Les figures 423 et 424 représentent d'autres modèles plus simples. En voyage, lorsqu'on n'a pas de cabinet noir installé, on fait les manipulations photographiques quand la nuit est venue. On s'éclairera à l'aide d'une lanterne

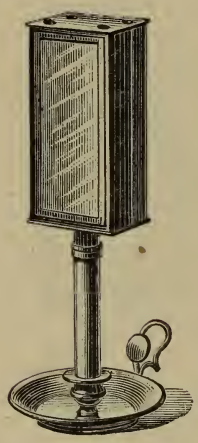


Fig. 425.

Fig. 426.

très portative (*fig. 425*) qui peut recevoir une bougie ordinaire. Ce modèle se replie très facilement (*fig. 426*); il est construit par M. Enjalbert.

**232. Essai du laboratoire obscur.** — Le laboratoire obscur ne doit pas recevoir de lumière actinique. On s'assurera donc que lorsque les verres colorés sont masqués, aucune lumière ne pénètre par les joints des portes, des fenêtres, etc. Le verre coloré, soit celui des fenêtres, soit celui de la lanterne, ne laisse pas passer de lumière actinique si une plaque, placée dans un châssis à moitié ouvert et exposée pendant trois minutes à la place même où s'effectuera le développement, ne donne pas trace de teinte plus foncée pour la partie soumise à l'action de la lumière.

On pourra aussi à l'aide du spectroscope examiner quelles sont les radiations absorbées. Ce moyen n'est pas à la portée des photographes ; en général, ils ne possèdent pas cet instrument.

**233. Appareils et accessoires.** — Dans le laboratoire obscur on se sert d'un certain nombre d'appareils ou d'accessoires dont l'usage est des plus simples ; nous nous contenterons de rappeler quels sont ces instruments.

*Cuvettes.* — Les cuvettes sont des vases plans à large surface qui servent à faire agir les diverses dissolutions sur les plaques ou papiers photographiques (*fig. 427* et *428*). Les plus employées et les meilleures sont en porcelaine. En Angleterre, Doulton fabrique en grès d'excellentes cuvettes pour les plaques de grande dimension. Les cuvettes en verre moulé ont été introduites dans la pratique par Biver[1]. Dans le début, on fabriquait ces cuvettes

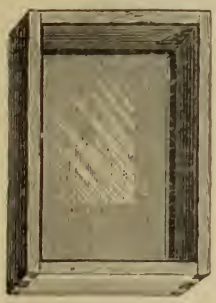


Fig. 427.

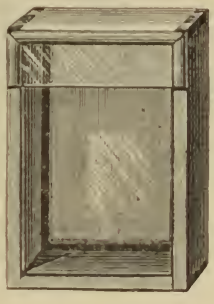


Fig. 428

en verre épais présentant sur le fond à l'intérieur quatre petites saillies pour isoler de ce fond la surface du cliché. Lecanu[2] a fabriqué des cuvettes à fond de verre cannelé ; ces cuvettes présentent l'avantage d'éviter l'adhérence de la glace au fond de la cuvette.

Le carton durci, la pâte à papier, le papier recouvert de vernis à la laque, le zinc ou le bois verni, la gutta-percha, l'ébonite, et, dans ces derniers temps, la tôle émaillée, ont servi à fabriquer des cuvettes.

Pour les très grandes dimensions, Van Monckhoven[3] emploie une cuvette de bois garnie de toile de caoutchouc. Loewe[4] utilise la plaque elle-même comme fond mobile de la cuvette à cadre de bois. Clouzard[5] s'est servi de cuvettes en bois imprégné de gutta-percha, de caoutchouc, de paraffine, etc. ; les joints étaient garnis d'un mastic constitué par un mélange de 1 partie de glue marine et 4 parties de gomme laque en solution épaisse dans l'alcool méthylique.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1858, p. 333.
2. *Ibid.*, 1864, p. 142.
3. *British journal of Photography*, 1er avril 1862.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1865, p. 10.
5. *Ibid.*, juin 1889.

Lorsque les bains qui sont dans les cuvettes doivent être agités pendant les opérations, on se servira de la balance-cuvette de Quéval. C'est un support pouvant osciller autour d'un axe. Sur le support se placent les cuvettes (en K, *fig. 422*). Un mouvement d'horlogerie ou un long pendule peut

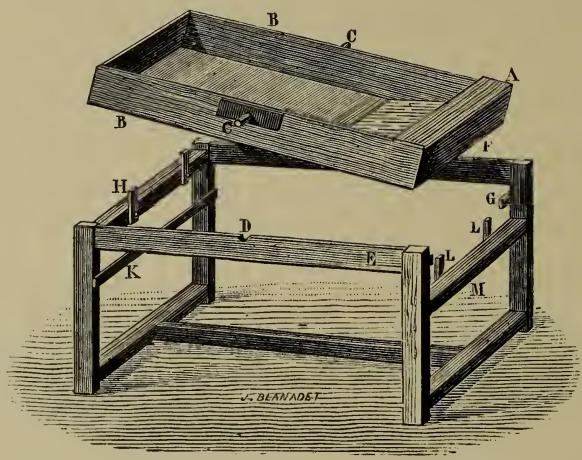



Fig. 429.

communiquer à tout le système un mouvement oscillatoire qui maintient le bain en agitation. Adam[1], de Colmar, a construit un appareil du même genre.

Les cuvettes de très grande dimension ne sont pas toujours commodes à manier. On facilite leur emploi en les suspendant sur un grand cadre;

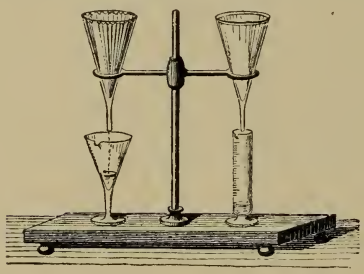


Fig. 430.

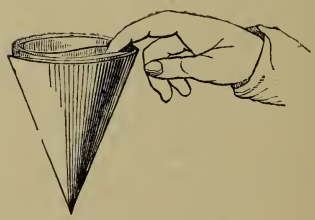


Fig. 431.

elles peuvent s'incliner autour d'un axe (*fig. 429*). Pour certaines opérations, on emploie des cuvettes *verticales* soit en verre moulé, soit en verre et cadre de bois ou cadre de verre. Ces dernières sont collées à l'aide du baume de Canada et sont d'un assez bon usage; elles prennent peu de liquide.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 299.

Les liquides alcalins employés pour le développement des plaques sensibles attaquent toutes les cuvettes; elles altèrent très peu celles en gutta-percha, porcelaine, verre moulé, grès. On donnera la préférence aux cuvettes en verre moulé, et, pour les grandes dimensions, aux cuvettes en grès.

*Entonnoirs.* — Les entonnoirs doivent être en verre, les arêtes de l'entonnoir doivent faire avec la douille un angle de 60°; la jonction de la

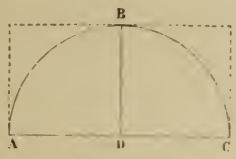



Fig. 432.

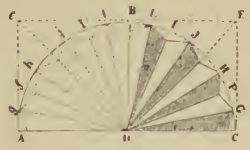



Fig. 433.

douille et du cône de l'entonnoir doit se faire brusquement. Ces conditions, indispensables pour les entonnoirs destinés à soutenir des filtres à plis, ne sont pas nécessaires pour ceux qui servent à transvaser les liquides. Ces derniers peuvent avoir la forme représentée (*fig. 430*).

Le papier à filtrer sera du papier blanc, aussi pur que possible. On trouve aujourd'hui dans le commerce, sous le nom de filtres Laurent, des *filtres à*

Fig. 434.

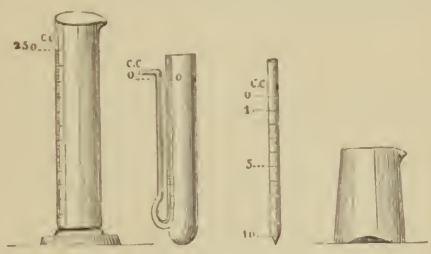



Fig. 435.

*plis* prêts à être placés dans l'entonnoir. Les filtres sans plis s'obtiennent en pliant un morceau de papier à filtrer en deux, puis en quatre; on introduit le doigt, puis la main entre les feuillets (*fig. 431*), de telle sorte qu'il y ait trois épaisseurs d'un côté, et on le place dans l'entonnoir à angle de 60°. Les filtres à plis se font rapidement par le moyen suivant[1]. On plie une feuille de papier en deux; on obtient ABCD (*fig. 432*), puis on fait un nouveau

1. Barreswil et Davanne, *Chimie photographique*.

pli BD que l'on défait aussitôt sans retourner le papier; on fait alors un pli DE (*fig. 433*) que l'on défait, puis un pli DF que l'on ne défait pas. On fait le pli DG en dehors, DE en dedans et DH en dehors; on obtient ainsi le quart du filtre. On marque le pli DI en dedans et DJ en dehors; *sans rien défaire,* on forme le pli BD en dedans, DL en dehors. *Sans retourner* le papier, on divise de la même manière la seconde moitié, en commençant par amener AD sur BD pour faire le pli *e*, et l'on continue comme pour la première moitié; on ramasse ensuite les feuillets les uns sur les autres comme dans un éventail fermé, on souffle dans le filtre pour écarter les plis; ceux correspondants à A et C sont divisés en deux au moyen d'un nouveau pli fait en dedans; on place le filtre dans l'entonnoir. En aucun cas, il *ne doit dépasser les bords de celui-ci.*

Les dissolutions de permanganate de potasse, d'acide chromique, etc.,

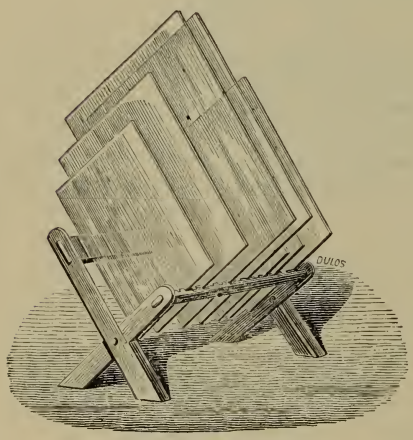



Fig. 436.

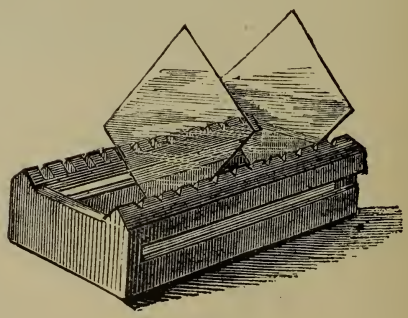


Fig. 437.

seront filtrées sur de l'amiante ou du coton-poudre; dans certains cas, on emploiera le verre filé.

*Mesures graduées.* — Elles servent à mesurer les quantités de liquide qui doivent entrer en réaction. On doit en avoir une série : depuis 25$^{c3}$ jusqu'à 2 litres (*fig. 433* et *434*).

*Étiquettes.* — Tous les flacons renfermés dans le laboratoire doivent être étiquetés. Pour éviter que l'inscription ne s'efface, on la trace soit au crayon, soit à l'encre de Chine. Lorsque l'étiquette est sèche, on la frotte avec un peu de paraffine; on la polit ensuite avec un morceau de flanelle[1].

*Glaces, verres, boîtes à glaces.* — Depuis l'introduction des plaques toutes préparées au gélatino-bromure d'argent, on consomme peu de glaces dans les laboratoires de photographie. Les glaces proprement dites (on emploie surtout les glaces minces de la manufacture de Saint-Gobain) doivent être réservées pour les travaux de précision; pour les travaux courants,

1. *Bulletin de la Société française de photographie,* 1872, p. 168.

on se contentera de cristal poli ou de verre de premier choix. Les glaces ou verres seront rodés sur leurs bords.

Il existe un très grand nombre de dimensions de plaques photographiques ; nous avons vu quelles étaient les dimensions adoptées par le Congrès. On admet encore en France les dimensions suivantes (centimètres) :

6,5 × 9, 8 × 8, 8 × 9, 8 × 10, 9 × 12, 11 × 15, 13 × 18, 15 × 21, 15 × 22, 18 × 24, 21 × 27, 24 × 30, 27 × 33, 27 × 35, 30 × 36, 30 × 40, 36 × 45, 40 × 50, 50 × 60.

En Allemagne, la Commission nommée par la Société photographique de Berlin a admis les grandeurs suivantes (centimètres) :

10 × 13, 13 × 16, 13 × 21, 11 × 19, 16 × 18, 18 × 24, 21 × 26, 26 × 32, 34 × 40, 40 × 48, 45 × 57, 53 × 61.

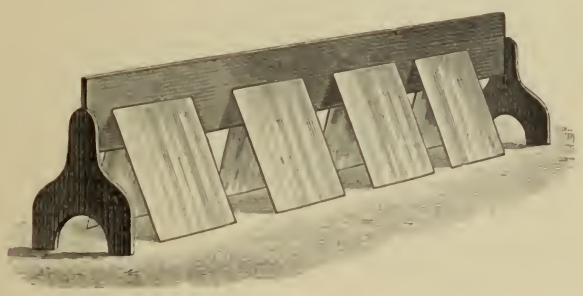


Fig. 438

En Angleterre et en Amérique, on rencontre habituellement des plaques mesurant (en centimètres) :

10,8 × 8,2, 12,7 × 10,2, 17 × 12,7, 21,5 × 16,4, 25,3 × 20,2, 30,3 × 25,3, 38 × 30,3, 45,7 × 40,4, 55,8 × 50,6, 63,3 × 53,1.

Il existe dans ces divers pays d'autres dimensions de plaques, mais elles sont peu employées.

Les glaces préparées ou nettoyées sont renfermées dans des boîtes à rainures qui les préservent de l'action de la lumière et des corps étrangers. Les plaques préparées au gélatino-bromure s'expédient dans des boîtes en carton ; les surfaces sensibles sont séparées les unes des autres à l'aide de petites lames de carton que l'on place sur deux bords opposés de la glace.

*Égouttoirs.* — Lorsque les surfaces sensibles ont subi l'action des divers bains, on les place sur un appareil appelé égouttoir. C'est une sorte de chevalet à rainures. Les figures 436, 437, 438 représentent les modèles les plus employés. Les rainures sur lesquelles s'appuient la plaque doivent être en verre ou en porcelaine. Les verreries (flacons, entonnoirs, gobelets divers) sont mises à sécher, après lavage, en les plaçant sur un égouttoir à bouteille semblable à ceux dont on se sert dans les caves. On choisira un égouttoir

de forme plate; cet instrument, fixé au mur, occupe moins de place que celui de forme ronde.

Pour nettoyer les glaces ou les verres, on les fixe sur une planchette à rainures (*fig. 439*); elles sont maintenues en place à l'aide d'une vis de pression.

*Cadres à développer.* — Dans certains cas, on fait agir les réactifs sur les surfaces photographiques sans plonger les plaques dans les cuvettes. On

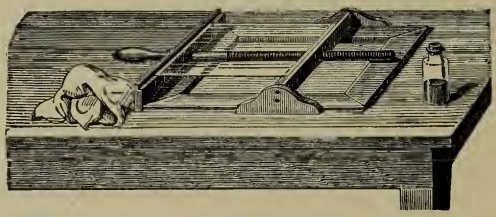


Fig. 439.

supporte alors les glaces, soit à l'aide de la main, soit (surtout si les réactifs altèrent la peau) à l'aide d'un cadre de dimension convenable (*fig. 440*), soit à l'aide du pistolet-porte-glace (*fig. 441*) imaginé par Millot-Brulé[1].

Cet instrument est assez semblable à celui d'Ellacot[2]. Lang[3] maintient la plaque en place à l'aide de l'élasticité d'un fil d'acier. Lejeune[4] s'est servi d'une pince assez semblable à celles que l'on emploie aujourd'hui pour plonger dans les cuvettes les plaques préparées au gélatino-bromure d'argent. On peut aussi soutenir la plaque à l'aide d'une ventouse[5]. Un des

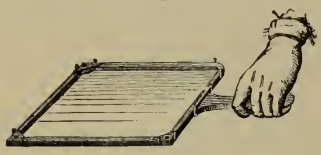


Fig. 440.

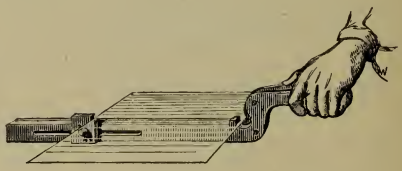


Fig. 441.

meilleurs modèles a été recommandé par Thomas[6] : c'est une ventouse formée d'un disque de caoutchouc très souple au centre duquel est fixée la tête plate d'un écrou fileté à l'autre extrémité; une vis, en tirant cet écrou, fait le vide sous le disque de caoutchouc et produit une adhérence très grande. Ce qui caractérise cette ventouse, dont la forme n'est pas nouvelle[7], c'est la facilité avec laquelle on peut la manœuvrer d'une main.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1856, p. 230.
2. *Journal phot. Soc. London*, vol. VI, p. 168.
3. *Ibid.*, 1857, vol. III, p. 262.
4. *Kreutzer's Zeit. f. Phot.*, 1860. vol. I, p. 191.
5. Albert, *Horn's Phot. Journ.*, 1854, vol. I, p. 47.
6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1873, p. 88.
7. *Dingler's Polytechn. Journ.*, 1857, vol. CXLIV, p. 436.

*Crochets.* — Pour retirer les plaques des cuvettes dans lesquelles on les soumet à l'action des réactifs, on se sert de crochets, soit en fil d'argent, comme l'a proposé de Bellio[1], soit en corne, en verre, en gutta-percha, etc.

## § 2. — LABORATOIRE DE TIRAGE.

**234. Divisions du laboratoire.** — Le laboratoire de tirage est la partie des ateliers dans lequel se fait, sous l'influence de la lumière,

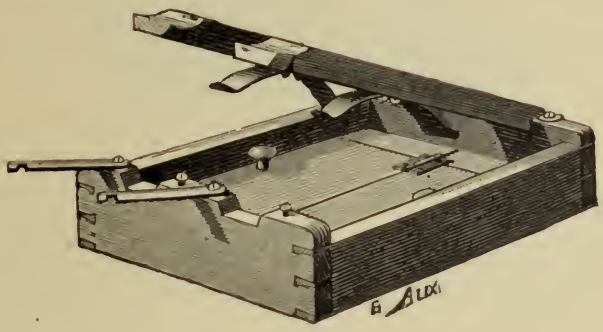


Fig. 442.

l'impression des épreuves positives d'après le négatif. Ce laboratoire se divise généralement en deux parties : dans l'une, qui peut être

Fig. 443.

vitrée, on expose à la lumière les châssis contenant les négatifs à imprimer; dans l'autre, on fait subir aux papiers les opérations qui doivent compléter l'action de la lumière. Cette partie de l'atelier de tirage étant généralement située près du cabinet noir est réservée,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1856, p. 136.

chez un grand nombre de photographes, non seulement aux opérations de l'impression, mais encore, à cause de la clarté relative qui y règne, à la préparation des divers bains employés en photographie; on y trouve le plus souvent le matériel suivant :

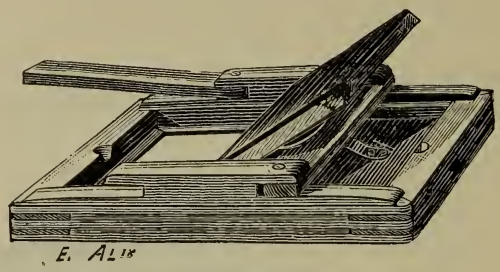



Fig. 444.

*Châssis-presses.* — On désigne souvent ces châssis sous le nom de châssis à imprimer, châssis positif, etc. Ils sont destinés à mettre en contact parfait avec le négatif la surface sur laquelle doit agir la lumière qui traverse le cliché. Ils sont construits de telle sorte que l'on puisse, si cela est nécessaire, examiner à un instant quelconque la moitié de l'épreuve, tandis que

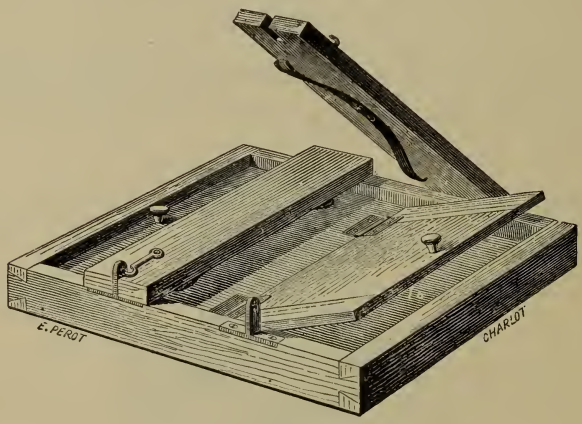



Fig. 445.

l'autre demeure en contact avec le négatif sans le déplacer. Les figures de 442 à 445 représentent les divers modèles de châssis le plus généralement employés.

Ce *châssis positif* pour tirer les épreuves a été inventé par M. de Brébisson [1]. Pour obtenir un contact aussi parfait que possible entre le négatif et la surface sensible, Rohaut et Hutinet [2] ont employé des coussins de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 142.
2. *Ibid.*, 1872, p. 101.

fentre qui donnent une bonne adhérence entre le papier sensible et le négatif. Meagher[1] avait placé, dans le même but et afin d'éviter la rupture du négatif, une plaque épaisse et très élastique de caoutchouc. Dans ces derniers temps, Hutinet a construit des châssis qui sont entièrement en fer.

*Balances.* — L'atelier de tirage étant éclairé dans l'une de ses parties soit

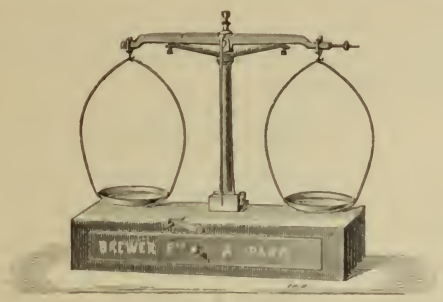


Fig. 446.

par un verre jaune clair, soit par un verre vert et rouge clair, on peut effectuer le plus souvent dans ce local les pesées nécessaires à la préparation des bains ou solutions employées en photographie. Si l'on prépare de grandes quantités de bains, on fera les pesées sur une balance Roberval pouvant porter 5 kilogrammes dans chaque plateau et sensible à 0gr02 ou 0gr3. Si l'on

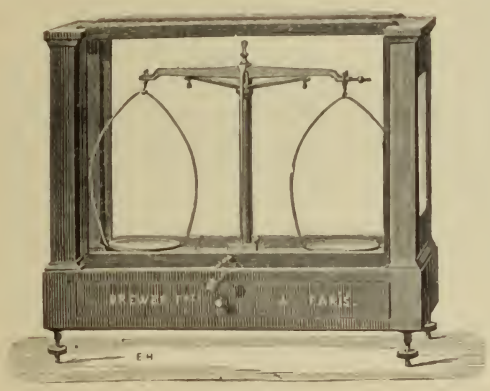


Fig. 447.

opère sur de petites quantités de matières, on se servira d'un trébuchet (*fig. 446*). Le modèle que nous figurons ici est sensible à 0gr002 sous la charge de 50 grammes dans chaque plateau ; cette sensibilité suffit pour les opérations photographiques courantes. Enfin, si l'on veut faire des recherches spéciales, on aura avantage à employer un trébuchet sous cage vitrée,

1. *Brit. Journ.*, 1867, *Bulletin de la Soc. franç. de phot.*, 1867, p. 305.

pesant 100 grammes dans chaque plateau, et sensible à 0gr0005. Le modèle représenté (*fig. 447*) permet de peser vite ; il n'est pas d'un prix très élevé ; il est fort solide.

*Mesures graduées.* — Une collection de mesures graduées est indispensable. On aura une série d'éprouvettes, de vases coniques gradués, de burettes pipettes, etc.

Le système métrique présente de tels avantages qu'il est à peu près universellement employé. Voici un tableau de comparaison du système métrique avec les systèmes anglais :

MESURES DE LONGUEUR.

| Anglaises. | Françaises. | Françaises. | Anglaises. |
|---|---|---|---|
| Inch, pouce (36 par yard). | 0m0253995 | Millimètre. | 0,03937 pouce. |
| Foot, pied (3 par yard). | 0m30476116 | Centimètre. | 0,393708 » |
| Yard impérial. | 0m91438348 | Décimètre. | 3,937079 » |
| Fathom (2 yards). | 1m82876696 | Mètre. | 1,093633056 yard. |
| Pole ou perch (5,5 yards). | 5m02911 | Kilomètre. | 0,6213824 mile. |
| Furlong (220 yards). | 201m16437 | | |
| Mile (1,760 yards). | 1609m3149 | | |

MESURES DE CAPACITÉ (employées en photographie).

| Anglaises. | Françaises. | Françaises. | Anglaises. |
|---|---|---|---|
| Pint (8 par gallon). | 0,5679 litre. | Litre. | 1,760773 pint. |
| Quart (4 par gallon). | 1,1359 | Décalitre. | 2,2009668 gallons. |
| Gallon impérial. | 4,543458 | | |
| Peck (2 gallons). | 9,086916 | | |

POIDS (*troy*).

| Anglais. | Français. | Français. | Anglais. |
|---|---|---|---|
| Grain (24 par penny weight). | 0gr0648 | Gramme. | 15,4323 grains troy. |
| Penny weight (20 par once). | 1gr555 | Kilogramme. | 2,67927 livres troy. |
| Once (12 par livre). | 31gr1034 | | |
| Livre troy (5,760 grains). | 373gr242 | | |

(*Avoir du poids*).

| Anglais. | Français. | Français. | Anglais. |
|---|---|---|---|
| Dram (16 par once). | 1gr7718 | Gramme. | 0,03527 once avr du poids. |
| Once (16 par livre). | 28gr3495 | Kilogramme. | 2,2046 livre avoir du poids. |
| Livre avoir du poids (7,000 grs). | 453gr5926 | | |

On n'emploie presque plus les mesures *troy*, sauf pour peser l'or et l'argent.

Dans tous les ouvrages et formulaires de photographie publiés en Angleterre, on emploie actuellement (à moins d'avis contraire) le système de poids des apothicaires. Voici la valeur de ces poids :

| | |
|---|---|
| Un grain. | 0,06479 |
| Un scrupule (scruple) = 20 grains. | 1,2958 |
| Un drachm = 3 scruples = 60 grains. | 3,8879 |
| Une once (ounce) = 8 drachms = 480 grains. | 31,1044 |
| Une livre (pound) = 12 onces = 5,760 grains. | 373,2528 |

Le système *avoir du poids* est employé par les marchands de produits chimiques.

Le Congrès international de photographie de 1889 a demandé que le système métrique soit adopté pour les formules des solutions employées en photographie. Dans ces formules, les solides seront exprimés en poids (grammes), *les liquides en volumes* (cent. cubes). Regnault[1] avait fait

Fig. 448.

remarquer tout l'intérêt qu'il y aurait à adopter un système général et uniforme non seulement dans les formules, mais aussi dans les recherches photographiques.

Les ballons et cornues, mortiers et pilons en verre (*fig. 448*) n'ont pas besoin d'être décrits. Le chauffage des appareils s'effectuera autant que

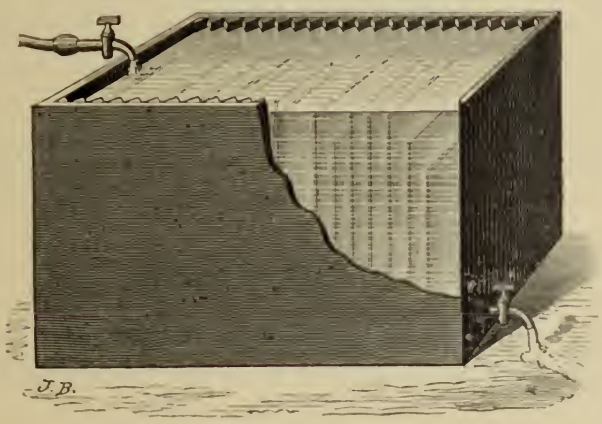



Fig. 449.

possible au gaz ; à défaut, on se servira de réchauds à pétrole. Il est utile d'avoir un ou deux thermomètres au mercure gradués sur tige.

*Cuves à lavage.* — Ces cuves servent à laver les clichés après fixage. Il en existe de plusieurs modèles. Les principaux consistent en boîtes métalliques à rainures dans lesquelles on place les clichés (*fig. 449* et *450*) : un courant d'eau arrivant par le haut et sortant par le bas lave le cliché ; cer-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1873, p. 93.

tains de ces appareils se vident automatiquement (*fig. 450*). On peut les construire très simplement en zinc (*fig. 451*) : un support de dimension convenable pour chaque grandeur de glace permet de n'avoir qu'une seule cuve pour plusieurs dimensions de plaques. On a fait aussi des paniers en

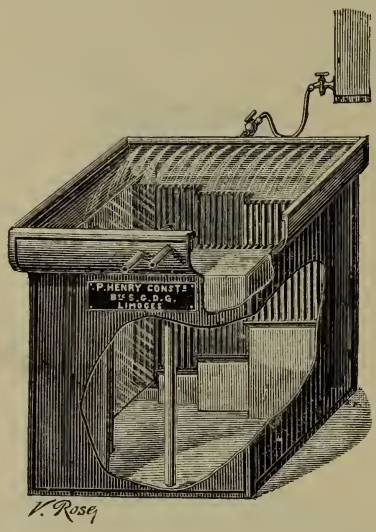



Fig. 450.

fils métalliques pouvant contenir les glaces isolées les unes d'avec les autres ; on plonge le tout dans une cuve en zinc. Certains de ces appareils sont articulés et peuvent servir pour diverses dimensions de glaces.

§ 3. — Le laboratoire de montage.

**235. Montage des épreuves.** — Dans le laboratoire de montage on termine les retouches que nécessitent les épreuves positives, après qu'on les a *montées sur carton.*

On coupe d'abord ces épreuves à l'aide de règles ou de calibres divers qui doivent être quadrillés pour la facile mise en place de l'image. Ces calibres présentent des dimensions qui sont en rapport avec les formats photographiques usuels. L'épreuve carte de visite, destinée à être collée sur carton sans filet, mesure 94 × 56 millimètres ; si l'image doit être collée sur carton avec filet, le calibre mesure 92 × 54 millimètres. Les épreuves stéréoscopiques se découpent avec un calibre de 80 × 75 millimètres : la carte-victoria avec un calibre de 105 × 70 ou 108 × 72 millimètres ; la carte-album, 137 × 100 ou 141 × 100 millimètres ; la carte-promenade, 190 × 93 millimètres. Le por-

trait-boudoir mesure 133 × 220 millimètres, et la carte-panneau 190 × 330 millimètres.

On coupe les épreuves à l'aide d'une pointe de cartonnier (*fig. 452*). On les colle sur carton à l'aide d'un pinceau. Pour leur donner un brillant plus

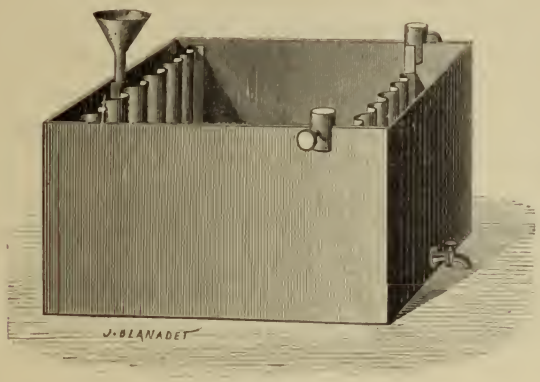



Fig. 451.

considérable, on les fait passer sous le cylindre de la machine à satiner. Vanackère[1] avait proposé d'employer exclusivement une presse garnie d'une plaque d'acier. La plaque finement polie était chauffée par une lampe à gaz ou à alcool posée sous la machine; l'épreuve soumise à la chaleur et

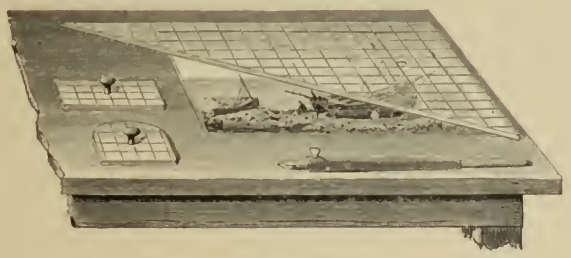


Fig. 452.

à la pression pouvait acquérir un brillant remarquable. On se sert le plus souvent aujourd'hui de presses à glacer consistant en une règle d'acier fortement polie et chauffée, et un cylindre entre lesquels on fait passer rapidement l'épreuve : elle acquiert ainsi un glacé plus considérable que par les anciens procédés.

C'est dans la salle de montage que se fait presque toujours la retouche des clichés. Pour cette opération, on se sert d'un appareil appelé pupitre à

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1864, p. 107.

retoucher, contenant les pinceaux, crayons, dont nous indiquerons l'emploi.

Les dispositions d'atelier et de laboratoire que nous venons de décrire ne présentent rien d'absolument fixe; elles varient suivant les dimensions des locaux dont on dispose, suivant l'importance du travail, la nature de ce travail, suivant la clientèle, etc. On comprend qu'il soit impossible de formuler des règles qui puissent permettre d'installer dans tous les cas possibles un atelier photographique complet. Chaque photographe disposera son établissement suivant ses goûts, ses aptitudes, etc.; mais avant tout il devra rechercher les facilités pour le travail. Il trouvera ces facilités dans une installation simple, de dimensions moyennes, sans cependant être exiguës. Les indications que nous avons fournies à cet égard pourront être d'une certaine utilité.

---

## BIBLIOGRAPHIE.

DAVANNE, *La photographie*, traité théorique et pratique.
EDER (Dr J.-M), *Ausfürlicher Handbuch der Photographie.*
MONCKHOVEN (Van), *Traité général de photographie.*
VOGEL (H.), *Lerbuch der Photographie.*

---

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

## DU PREMIER VOLUME.


**A**berration chromatique, 61; de sphéricité, 53, 55; d'épaisseur, 55.
Abri pour objectif, 463.
Achromatisme, essai, 354.
Acier (gravure sur), 19.
Actiniques (rayons), 9.
Action chimique de la lumière, 8.
Adapteur Molteni, 313; Franck, 315.
Albertypie, 21.
Albumine (proc. sur), 14.
Allonge de ch. noire, 290.
Alpiniste, 244.
Anallatique (objectif), 135.
Antiplanat, 110, 111.
Aplanat, 111; grand angulaire, 92; reproductions, 93; paysages, 115; groupes, portraits, 116.
Aplanétique, 111; extra rapide, 121; définition, 402.
Appareils panoramiques. — Voir *chambres*.
Applications scientif., 22.
Appui-tête, 456.
Asphalte, 19.
Astigmation, 58.
Ateliers, 441; vitré, 442; pour reproductions, 445; matériaux de construction, 445; modifications, 448; pour reproductions, 463.
Autopolygr. Vidal, 250.
Avant-plan de l'infini, 340.
Axe optique, 331.

**B**alances, 447.
Ballons, 489.
Bascules, 211.
Baume du Canada, 45.
Bichromates alcalins, 18.
Binoculaire. — Voir *stéréoscopes*.
Bitume de Judée, 10.
Boîte à glace, 482; à escamoter, 290.

**C**abinet obscur, 474.
Cadres intermédiaires, 209; extenseurs Raboisson, 281; à manche, 484.
Calibres, 490.
Calotype Talbot, 11.
Carton durci, cuvettes, 479.
Caustiques, 53.
Chambres noires, 206; d'atelier, à tiroir, 207; à soufflet, 211; à bascule, 211; à soufflet tournant, 213; chambre universelle, 214; de voyage, à boîte, 219; Jonte, 220; Civiale, 221; Durand, 222; Relandin, Roger, 223; soufflet tournant de voyage, 224; Enjalbert, Martin, Sauret, Martinet, 226; Rückert, Martinet-Rückert, 227; Henry, Pélegry, 228; anglaises, Meagher, Rouch, Sheperd, Melhuis, Ottewil, Hare, Watson, 229; Ross, Watson Aemé, 230; Express Nadar, 232; Mac Kellen, 236; métalliques Melhuis, 236; Conti, 237, Vavasseur, 238; à tirage fixe, 238; Pons, 239; Plücker, Dubroni, Candèze, de la Laurencie 240; *chambres à main*, 242; Dumont, Thomson, Campbell, Bertsch, Enjalbert, Fetter, 243; Enjalbert, de Neck, David, 244; Gilles, Manenizza, à miroir, 245; Smith, Tourtin, Sutton, 246; Mendozza, de Chennevières, Bolas, detective Nadar, 247; Kodak, 247; cryptographe Hickel, 249; omnigraphe Hanau, 249; Rückert, 250; autopolygraphe, en-cas photographique Vidal, 250; Guilleminot, 251; Derogy, Le Roy, Steinheil, 252; polyconographe Dubose, vélographe Gorde, 253; jumelle photographique, 253; photosphère Conti, Watson, 254; chambre-chapeau, 254; chambre viseur, Disdéri, York, Marion, 255; *chambres stéréoscopiques*, 255; Koch, Londe et Dessoudeix, 256; planchettes Harisson, Relvas, 257; Quéval, Gilles, Jamin, 259; de Rancogne, 258; *chambres diverses*, pour médaillons Window et Brige, 260; Geldmacher, Deflubé, 260; pour cartes siamoises, 261; chambres panoramiques, Martens, Schuller, Garella, Porro, 262; Ross, Broomann, Johnson et Harisson,

Brandon, Jonte, Sutton, 263; Silvy, Rollin, Ferrier, Koch, Chevalier, Mangin, 264; cylindrographe Moessard, 265; Busch, Benoist, 271; chambre-revolver, Jonte, Aird, Clouzard, Enjalbert, 273; à lumière rouge, 274; *chambres sans objectifs*, Berry, Emerson, Rayleigh, Abney, 303; Colson, Meheux, Miethe, 304; conditions d'établissement, 306; obscurité, 307; parallélisme des faces, 308; glace dépolie, 310; choix de la chambre noire, 386; son emploi dans l'atelier, 386; pour reproductions, 388; emploi au dehors, 391.
Champ utile, 333; de netteté, de visibilité, 334; champ plan minimum, 335; maximum, 336; sans distorsion, 345.
Chariot droit, 212.
Châssis *négatif* simple, 209; à rideaux, 210; à volet, 210; pour cartes siamoises, 261; Vivien, Picq, Mackenstein, Hickel, Haugueil, métalliques Tylar, Clouzard, 277; pour épreuves retournées, 278; pour glaces sèches, Lherisel, 278; pour *papier négatif*, Clément, Marion, de Rancogne, Martin, 279; Pélegry, Pons, Trutat, 280; Balagny, 282; *à rouleau* Relandin, Humbert de Molard, Melhuis, Burnett, Audineau, Nicole et Silvy, 283; Warnerke, Stebbing, 284; Mendozza, Carquero, Perron, 286; Eastman, 287; *multiplicateurs*, 289; à escamoter, 291; pour *développement*, Besson, Claudet, Newton, Alfieri, Albitès, 292; Sabatier-Blot, Weiske, Burgue, Dubroni, Anthony, Jule, Gauvain, Stein, Schaeb, 293.
Châssis presses, 486.
Chercheur focimétrique, 400; de Barton, Wehl, Buehler, 402.
Chevalet Huguenin, 389; Nadar, 389.
Chlorure d'argent, 8, 9; sur papier, 18.
Chlorure d'or, 7.
Choix des chambres, 386.
Choix des objectifs, 378.
Chronographiques, méthodes, 428.
Ciré (papier), 14.
Clarté, 345; sa mesure, 351, 352; coefficient de clarté, 358.
Cloison mobile, 255.
Coefficients de sensibilité, 414. — Voir *tableaux*.
Collodion (procédé sur), 14; sec, 15.
Comparaison des mesures, 488, 489.
Convergence, 53.
Cornues, 489.
Crochets, 485.
Crown-glass, 38.
Cryptographe Hiekel, 249.
Cuves à lavages, 489, 490.
Cuvettes, 479; grandes dimensions, 480.
Cylindrogr. Moessard, 268.

Daguerréotype, 12.
Diapason, 429.
Diaphragmes, 142; forme, 143; position, 144; forme, 146; iris, 146; étoile, 149; graduation, 361; emploi, 402; diminution, 404; limites du diaphragme, 406.
Diffraction, 28.
Dioptrie, 53.
Dispersion, 30.
Distance hyperfocale, 339; focale, 317.
Distance, coefficient, 417.
Distorsion, 57; 343.
Drummond, 471.
Durée d'impressionnt, 421.

Ecartement des objectifs stéréoscopiques, 259.
Eclairage du modèle, 452, 465; électrique, au gaz, 470; au magnésium, 468, 469; du cabinet noir, 475.
Eclat intrinsèque, 345.
Ecran de tête, 457; réflecteur, 459; Midwinter, Prümm, Kent, 457.
Eléments cardinaux, 48,
Egouttoirs, 483.
Emulsions (procédé aux). 15, 17.
Entonnoirs, 481.
Epaisses (lentilles), 47.
Epreuves positives, 12; négatives, 12.
Eprouvettes, 481.
Equerres, 491.
Escamoter, 290.
Etiquettes, 482.
Euryscopes, 124, 126.
Exposition à la lumière. — Voir *temps de pose*.
Filtrage, filtres, 481.
Finesse ou netteté, 56.
Fixage, 13.
Fixe-œil, 462.
Flint-glass, 38.
Focimètre, 335.
Fonds et accessoires de l'atelier, 450; A. Salomon, 451; montage des fonds, 462.
Formats photographiques, 490.
Formule de Newton, 33.
Foyers principaux, mesure, 50. — Voir *distance focale*.

Gaïac, 9.
Galerie vitrée, 442.
Gallique (acide), 13.
Gélatine, 14.
Gélatino-bromure, 17.
Glace, verres, 482; dimensions, 483.
Glace dépolie, 274; son remplacement, 275.

Globe-lens, 78.
Grade, 323.
Grandeur des images, 392.
Gravure héliogr., 19.
Groupes, 464.
Gutta-percha, 479.

Harmonie, 424.
Héliochromie, 21.
Héliographie, 19.
Hélioplastie, 20.
Héliotypie, 21.
Historique, 8.
Horizon, ligne, 451.
Hyposulfite de soude, fixateur, 12.

Iconomètre, 400.
Illumination, 346.
Images sans sels d'argent, 18.
Instantanés. — Voir *obturateurs*.
Interférences, 27.
Indices de réfraction, 29.
Iode, 13.
Iodure de potassium, 12.

Jumelle photographique, 253.

Laboratoires, 473; obscur, 474; essai du laboratoire obscur, 478; de tirage, 485; de montage, 490.
Laminoir, 492.
Lanternes de laborat., 477.
Lavages, 490.
Lentilles, généralités, 36, 37; fabrication, 38; propriétés, 46, 47.
Ligne d'horizon, 451.
Longueur focale principale. — Voir *foyer*.
Loupe, 403.
Lumière, 7, 8, 24, 26; du magnésium, 469; électrique, du gaz, 470.

Magnésium, 469.
Mesures graduées, 482.
Mise au point, 275, 403.
Montage, 490.
Monture des objectifs, 45.
Monuments, 468.
Mortiers, 489.
Multiplicateur. — Voir *châssis*.

Négatifs, 12.
Netteté, définition, 56.
Nettoyer, planchette, 484.
Nitrate d'argent, 7.

Objectifs, description, 63; classification, 64; *à petite ouverture*, 65; simple, 65; simple grand angulaire, 69; simples rapides, 72; rectilinéaire pour vues, 74; globe, 78; de Sutton, 80; doublet, 80; grand angulaire A. Martin, 81; symétrique grand angle, 82; périscope, 82; Zentmayer, 82; pantoscope, 83; panoramique, 84; périgraphique, 86; rectilinéaire grand angle, 86; aplanat pour vues, 92; pour reproductions, 93; à grand angle, 94; *à grande ouverture :* à portraits, 95; égaliseur, 99; à foyer variable, 101; de Voigtlander, 105; rectilinéaires à portraits, 106; euryscope à portraits, 107; antiplanat portraits, 109; groupes, 110; aplanats, paysages, 115; portraits, groupes, 116; rectilinéaires rapides, 118; rectilinéaires, 120; aplanétiques extra rapides, 121; hémisphériques rapides, 123; symétriques rapides, 124; rectigraphique, 124; euryscope, 124, 126; triple, triplets, 127, 130, 131; orthoscopiques, 131; trousses, 133; à foyers variables, 133; à cône centralisateur, 135; anallatique, 135; à foyers multiples, 137; trousses d'objectifs, 137; Berthiot, 140; *essai des objectifs*, 315; longueur focale principale, 317; Méthode de M. Cornu, 319; procédé Warnecke, 321; procédé Moessard, 322; procédé du triangle, 326; de la Baume-Pluvinel, 327; Taylor, 327; Secretan, 328; points focaux, 329; par le calcul, 331; axe optique, 331; surface focale principale, 332; surface de diffusion, 333; champ utile, 333; clarté d'un objectif, 345; objectif-type, 348; mesure de la clarté, 352; achromatisme, 354; essais divers, 356; résumé des essais, 357; choix des objectifs, 378; à portraits, 379; pour groupes, pour paysages, 380; monuments, cartes, 382; pour épreuves instantanées, 384.
Objets en mouvement, 490.
Obturateurs, à volets, circulaires, 151; place, 152; ouverture, 153; mouvement circulaire latéral, 159; à pose, 160; à guillotine, 161; à store, 162; Mauduit, 163; Hannyngton, 164; Trévaux, 166; David, Gilonna, Borlinetto, Hermagis, Darlot, Prümm, 167; Harisson, Hoskin, Grimston, Gorde, Valette, Swann, 168; England, Birdshall, Londe et Dessoudeix, 169; stéréoscopique, 171; Bertsch, 171; Brossier, Siedebotham, Lecanu, 172; Sutton, Baillon, Braun, Bertsch, 173; Dubarry, Berthiot, Londe, 175; Stein, 176; rendement, 177; Thury et Amey, 179; Zion, Stebbing, 181; Français, Steinheil, 182; Mann, Hokin, Notton, 183; Contadzian, Calamne,

Penny, 184; Dallmeyer, 185; Dallmeyer et Beauchamp, 186; Martinet, 187; Lutken, Gilon, 188; Boca, 191; Montefiore Lévy, Bedford, 193; Jackson, Pizzighelli, Conti, Guilbert, Zschocke, 194; à volets, Read, 194; Guerry, 195; à plusieurs volets, 196; Skaife, Jubert, 196; Audra, Chéron, Guerry double, 197; Boca, 198; de la Baume-Pluvinel, 200; Candèze, 201; David, Mendozza, 202; Humbert de Molard, Ommeganck, 203; H. Vogel, 204; mesure du temps de pose effectif, 426; calcul du rendement des obturateurs, 433.
Omnigraphe Hanau, 249.
Ondes lumineuses, 26.
Ondulations, 26.
Orthoscopique, 131.

Panoramas, panoramiques. — Voir *chambres*.
Papier Talbot, 11.
Pantoscope, 83.
Paraffine, 482.
Paysages, 466.
Périscope, 82.
Perspective, 265.
Phosphore, 471.
Photolitographie, 20.
Photogravure, 19.
Photosphère Conti, 254.
Phototypie, 21.
Pied d'atelier, 294; pied table, 296; de campagne, 297; Clément, Lacombe, Porro, Relandin, 298; Hooper, Haton de la Goupillière, de Barrau, Silvy, 299; Shadbolt, Warnerke, Durand, 300; De la Laurencie, Candèze, Davanne, 301.
Pistolet porte-glace, 484.
Planchette, 215; formats du Congrès, 311.
Plans principaux, 49.
Platinotypie, 19.
Poids et mesures, 488.
Points nodaux, 48.
Pointe à couper, 491.
Polissage du verre, 43; planchette à polir, 484.
Policonog. Dubosc, 253.
Polygraphe Arwin, 242.
Portraits, 456; au dehors, 464; en chambre, 465.
Portefeuille, châssis, 279.
Porte-membrane, 282.
Pose, 456.
Position des diaphragmes, 88, 406.
Presse à satiner, 491.
Prisme, 30.
Profondeur de foyer, 56, 363; du champ utile, antérieure, postérieure, totale, 339.

Rapport de clarté, 347.
Radiations, 30.
Rayons colorés, 9.
Rectigraphique, 124.
Rectilin. rapides, 118, 120,
Redress. de l'image, 383.
Réflecteur, 459; multiplicateur, 460; Klary, 460.
Réflexion de la lumière, 30.
Réfraction, 29; à travers surface sphérique, 31.
Réfringence, 29.
Règles, 491.
Rendement, 177; calcul du rendement, 433.
Reproductions (atelier pr), 445.
Retouche, 491.
Revolver (chambre), 273.
Rideaux, 453.
Robinets (étui à), 245.
Rondelles d'objectifs, 311, 312.
Rouge (verre), 475.

Scénographe, 239.
Séchoir, égouttoir, 482.
Sensibilité (coef. de), 410.
Siamoises (cartes), 261.
Soufflet, 211.
Spectre, 30,
Stéréographe, 239.
Stéréoscopique. — Voir *chambre*.
Sulfure d'antimoine, 471.
Support à glaces, 482.
Surfaces conjuguées, 372.
Symétriques, grand angle, 81; rapides, 124.

Tableau des coefficients de clarté, 360; des profondeurs de foyer, 364, 365, 366, 368, 370; des surfaces conjuguées, 372, 373; grandeur d'image, 392; réduction d'objets, 394; agrandissement, 395; diagonales des plaques, 396; angle du champ, 397; champ d'éclairage, 399; coefficients d'éclairage, coefficients et facteurs d'éclairage, 412, 413; coefficients de sensibilité, 413, 415; rapport des coefficients de sensibilité, 416; coefficients de distance, 417; coefficients intrinsèques, 418; déplacement des sujets, 423; fraction de seconde, 424; translation des objets, 425.
Tache centrale, 87.
Temps de pose, 408; coefficients, 411; formule abrégée, 417; détermination expérimentale, 417; utile, effectif, 420; mesure du temps de pose effectif, 426.
Test focimètre, 335.
Tirage, 485.
Tourniquet, 323.
Transparences, 409.
Triplets; 130, 131.
Trousses d'objectifs, 133.

Vélographe Gorde, 253.
Ventouse, 484.
Verres courbes, 80, 407
Virage, 13.
Vis à fixer, 301.
Vitrage, 445.
Voile noir, 276.

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS PROPRES

DU PREMIER VOLUME.

---


Abilgaar, 9.
Abney, 16, 17, 173, 204, 205, 303, 304, 412.
Adam, 480.
Adenbrooke, 362.
Agle, 205, 440.
Aird, 273.
Albert-le-Grand, 7.
Albert (de Munich), 21.
Alfieri, 292.
Alker, 253.
Angerer, 459.
Anthony, 15, 292.
Arago, 262.
Archer (Scott), 14, 127, 135, 136.
Aristote, 206.
Arwin, 242.
Atkinson, 135.
Aubray, 470.
Audra, 197, 198.
Audineau, 283.

Babo (V.), 471.
Bacon (Roger), 206.
Baden-Pritchard, 472.
Baillon, 173.
Balagny, 268, 282.
Bardy, 16, 471, 477.
Barrau (de), 299.
Barreswil, 20, 214, 301, 481.
Barton, 401.
Baton, 450.
Baume-Pluvinel (Ay de la), 200, 327, 329, 332, 334, 338, 344, 348, 351, 359, 364, 365, 367, 373, 384, 394, 408, 414, 415, 416, 419, 423, 427, 431, 433, 440.
Bayard, 12, 65, 279.
Bayle, 7.
Bazin, 274.
Beauchamp, 186.
Beccarius, 8.
Beck, 204.
Becquerel, 18, 21.
Bedford, 193.
Bellio (de), 485.
Bennet, 17.
Benoist (L.), 343.
Benoist (T. et P), 271.
Bergmann, 9.
Berry, 303.
Berthelot, 7.
Berthollet, 9.
Berthiot, 64, 80, 86, 121, 138, 139, 140, 141, 175.
Bertsch, 70, 162, 171, 173, 237, 243.
Besson, 214, 260, 292.
Beuvière, 19.
Bézu et Hauser, 85, 123.
Biot, 47, 62.
Birdshall, 169.
Biver, 479.
Blanchard (V.), 449.
Blanchère (de la), 305, 472.
Blanquart-Evrard, 9, 13, 18.
Bocca, 191, 198.
Boetger, 471.
Bolas, 175, 247.
Boll, 471.
Bolton, 16.
Bon (Dr G. Le), 393, 407, 419, 430.
Bontemps, 38, 40, 447.
Borie-Tournemire, 274.
Borlinetto, 167.
Bouty, 35.
Brande, 470.
Brandon, 263.
Braun, 173.
Bravais, 47.
Brebisson (de), 486.
Brewster (S.-D.), 68, 379.
Brige, 260.
Broomann, 263.
Brossier (Charles), 172.
Brothers, 468, 469.
Buchler (A.), 204, 260, 305, 402, 472.
Bunsen, 411, 468.
Burgess, 17, 276.
Burgue, 293.
Burnett, 283.
Buron, 66, 99, 142.
Burton, 72, 165, 472.
Busch, 64, 84, 124, 130, 131, 270.

Cadett, 197, 198.
Calamme, 184.
Campbell, 243.
Candèze, 201, 240, 242, 301.
Carey-Lea, 16, 469.
Carquero, 286.
Cauchoix, 65.
Cauchy, 26.

Champion, 433.
Chapelain, 165.
Chardon, 16, 19.
Charles, 9.
Chennevière (de), 247.
Cheron, 197.
Chevalier (A.), 264.
Chevalier (Ch.), 65, 98, 133, 142, 143, 220.
Civiale, 114, 220, 297.
Claudet, 13, 68, 99, 101, 289, 292, 354, 355, 449.
Clément, 279, 281, 298, 419, 440.
Clouzard, 273, 277, 479.
Coddington, 62.
Colin, 181.
Colson, 303, 304.
Combes, 407.
Constant-Delessert, 274, 450.
Contadzian, 184.
Conti, 194, 237, 254.
Cornu (A), 50, 51, 319, 321, 326, 427.
Crambs, 273.
Crookes, 468.
Cros, 22.
Croullebois, 407.

Dallmeyer, 45, 61, 64, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 86, 87, 89, 96, 97, 98, 101, 106, 107, 118, 119, 120, 121, 127, 129, 137, 141, 147, 177, 185, 186, 204, 309, 312, 340, 348, 349, 350, 359, 363, 365, 369, 371, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 407.
Daguerre, 12, 13, 65, 471.
Darlot, 80, 81, 98, 123, 137, 138, 167, 172.
Davanne, 18, 20, 114, 141, 211, 213, 214, 218, 222, 233, 301, 305, 310, 400, 407, 481.
David, 169, 202, 244.
Davy, 9, 21.
Decoudun, 419.
Deflubé, 260.
Defrance, 219.
Delamarre, 470.
Delessert (Constant), 274, 450.
Denis (Roussel), 276.
Derogy, 80, 98, 123, 127, 137, 141, 252, 383.
Despratz, 15.
Dessoudeix, 169, 256, 417.
Detaille, 162.
Diguey, 143.
Dingler, 460.
Disderi, 255.
Doberciner, 19.
Doulton, 479.
Draper, 449.
Drummond, 471.
Dubarry, 175.
Dubroni, 240, 293.
Dubosc, 253.
Ducos du Hauron, 22.
Dumont, 243.
Durand, 222, 300.

Eastman, 247, 282, 287, 288.
Eder (J.-M.), 9, 17, 18, 19, 126, 188, 204, 205, 207, 239, 246, 305, 407, 412, 414, 428, 429, 440, 472.
Edgis, 276, 290.
Edison, 412.
Edwards, 162.
Ellacot, 484.
Emerson, 303.
England, 169.
Enjalbert, 226, 243, 244, 273, 400, 402, 419, 464, 475, 478.
Evens, 460.

Fabricius, 8.
Faraday, 468.
Fargier, 18.
Ferretti, 449.
Ferrier, 264, 407.
Fetter, 243.
Fierlants, 468.
Figuier, 8.
Fitzgibbon, 407.
Fizeau, 13, 19.
Forster, 476.
Fortier, 99, 142.
Fothergill, 15.
Foucault, 62, 162, 172.
Fouque (V.), 10, 12, 13.
Français, 98, 141, 182.
Franck de Villecholes, 278, 290, 315.
Frarier, 148, 149.
Fresnel, 26.
Fry, 14.

Gaffield, 447.
Garella, 262, 263.
Gariel, 35, 62.
Garnier, 20.
Gasc et Chareonnet, 78, 80, 137.
Gassendi, 26.
Gaudin, 15, 17, 18, 162, 470.
Gauss, 47, 61, 62.
Gauthier, 165.
Gauvin, 293.
Gavarret, 35.
Geldmacher, 260.
Gérard (Eric), 433.
Gergonne, 54.
Geymet, 253.
Ghebardt, 469.
Gilles, 214, 222, 245, 258, 295.
Gillot, 21.
Gilon, 188.
Gilonna, 167.
Girard (A.), 18.
Glauber, 7.
Gliesse, 143.
Godard, 75
Gœdicke, 470.
Gondy, 458.
Goode, 470.
Gorde, 168, 253.
Gramme, 470.
Grant, 469.
Grimaldi, 28.
Grimston, 168.
Grove, 412.
Grubb, 68.
Guerry, 184, 195, 197.
Guilbert, 194.
Guilleminot, 251.
Guinand, 38, 39.
Gulliver, 447, 471.
Gundlach, 124.

Hageman, 9.
Hanau, 249.
Hannyngton, 165.
Hardwich, 291, 305.
Hare, 229.
Harmann, 471.

Harrison, 78, 79, 112, 132, 146, 168, 257, 263, 276.
Hart, 468, 469.
Hartnack, 86.
Harup, 9.
Haton de la Goupillère, 299.
Haugel, 277.
Heat, 163.
Hellot, 8.
Henry, 216, 217, 227, 289, 296.
Hermagis, 69, 80, 98, 136, 384.
Hermagis (Fleury), 98, 121, 122, 141, 146, 167.
Herschel, 12, 13, 19, 21, 62, 87, 449.
Hickel, 249, 277.
Highley, 291.
Hill, 471.
Hocke (R.), 207.
Hooper, 299.
Hoskin, 168, 183.
Hübl, 19.
Huguenin, 388, 390.
Humbert de Molard, 18, 162, 203, 218, 283, 284, 296, 451.
Hunt (R.), 11, 14, 19.
Hutinet, 486.
Huyghens, 26.

Jackson, 194, 423.
Jamin, 135, 136, 137, 162, 258.
Janssen, 22, 143, 426.
Johansen, 19.
Joly, 440.
Johnston, 17, 18, 263.
Jonte, 162, 216, 219, 220, 225, 232, 273, 386.
Jubert, 157, 196, 197, 431.
Jule, 293.
Junghans, 471.

Keessen, 295.
Kennet, 17.
Kent, 457.
Kershaw, 148.
King, 17.
Kinnear, 228.
Kircher, 142, 143.
Klary, 457, 461, 472.
Koch, 214, 219, 233, 256, 264, 270.
Kreutzer, 137, 163, 168, 183, 470, 484.
Kruger, 204.
Kurtz, 451.

Laborde, 18, 404.
Lacombe, 298.
Lamy, 38.
Lang, 484.
Larkin, 469.
Larmoyer, 433.
Laurent, 44.
Laurent, 481.
Laurencie (de la), 240, 301.
Laussedat, 263.
Law, 470.
Leborgne, 470.
Lecanu, 172.
Lécu, 479.
Legray, 13, 14.
Lehman, 143.
Lejeune, 484.
Lemaitre, 19.
Lemercier, 20.
Lemling, 204.
Léonard de Vinci, 206.
Lerebours, 20, 355.
Levison, 431.
Lherisel, 278.
Liébert, 305, 472.
Liesegang, 80, 305, 407, 476.
Lister, 62.
Listing, 48.
Loewe, 479.
Loude (A.), 143, 153, 157, 158, 169, 175, 176, 203, 205, 256, 257, 305, 429, 440, 472.
Lucenay (de), 470.
Luckardt, 459.
Lütken, 188.

Mackenstein, 277.
Maddox, 17, 468.
Mader, 278.
Mac-Kellen, 236.
Mallebranche, 26.
Manenizza, 245.
Mangin, 264.
Mann, 183, 184.
Maréchal, 21.
Marinier, 291.
Marion, 255, 279.
Martin (Ad.), 50, 52, 81, 114, 153.
Martin (ébéniste), 216, 226, 277, 279, 280.
Martinet, 187, 216, 226, 227.
Martens, 262.
Mason, 165.
Mather (W.), 469.
Matheson, 449.
Mauduit, 163, 166.
Maugey, 143, 218.
Maxwel-Lyte, 218.
Meagher, 218, 229, 487.
Meheux, 304.
Melhuis, 137, 229, 236, 283.
Mendozza, 202, 246, 286.
Merke, 449.
Meydenbauer, 470.
Meyer, 9, 453.
Michaud, 20.
Midwinter, 457.
Miethe, 304, 470.
Millet, 136, 470.
Millot-Brulé, 484.
Mitschel, 143.
Moessard, 205, 262, 265, 305, 315, 322, 324, 334, 336, 344, 352, 353, 363, 404, 407.
Molteni, 272, 313, 315.
Monckhoven (Van), 17, 18, 23, 35, 62, 112, 113, 181, 205, 305, 355, 407, 471, 472, 479.
Montagna, 451.
Montefiore-Lévy, 193.
Morrisson, 94, 124.
Moule, 470.
Muller, 470.
Mungo-Ponton, 18.
Murray, 163.

Nadar, 233, 247, 288, 387, 470.
Neck (J. de), 244.
Nègre, 19.
Nelson, 474.
Neuman, 9, 205.
Newton, 16, 27, 48, 292, 319.
Nicolaysen, 453.
Nicole, 283, 286.
Nicour, 253.

Niepce (Nicéphore), 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 65, 211.
Niepce (de Saint-Victor), 14, 19, 21, 142.
Notton, 143, 183.
Norman, 143.

Obernetter, 21, 477.
Ommeganck, 203.
Opsor, 210.
Ottewil, 218, 229.

Panuce (dom), 206.
Pélegry (A.), 14, 228, 280.
Pellat, 35.
Pellet, 433.
Penny, 184.
Percy, 281.
Perron, 286.
Pertsch, 469, 472.
Petschler, 476.
Petzval, 13, 64, 66, 95, 97, 98, 99, 105, 106, 107, 109, 116, 127, 131, 145, 205, 222, 377.
Piazzy (Smith), 469.
Pickering, 429.
Picq, 277.
Pizzighelli, 18, 19, 194, 305, 366, 407, 424, 440.
Placet, 20.
Plaut, 217.
Pline, 7.
Plückert, 240, 242.
Poitevin, 14, 18, 19, 20.
Poitrineau, 291.
Pons (S.), 239, 280.
Porro, 61, 127, 135, 205, 262, 298.
Porta (J.-B.), 65, 206.
Prasmowski, 64, 84, 85, 122, 123, 152, 354.
Pretch (P.), 19.
Pretchl, 62.
Prümm, 167.

Quéval, 258, 460, 480.
Quinet, 143.
Quinsac, 21, 22.

Raboisson, 280.
Rancogne (de), 259, 279.
Rawson, 460.
Rayleigh, 303, 304.
Read, 194.
Reade, 99.
Regnault, 14, 460, 489.
Relandin, 218, 223, 278, 298
Relvas (C.), 257.
Rembrandt, 461.
Rheinold, 206.
Riche, 471.
Roberval, 487.
Robinson, 261, 442, 452, 456, 472.
Roger, 223.
Rohaut, 486.
Rollin, 264.
Rolloy, 459.
Roscoë, 414, 468.
Ross, 64, 67, 68, 80, 81, 85, 123, 137, 143, 230, 263.
Rouch, 218, 229.
Rousselon, 20.
Roy (Le), 252.
Rückert, 227, 250.
Rue (de la), 163.
Russel, 15.

Sabatier-Blot, 293.
Salmon, 20.
Salomon (A.), 450, 460, 464.
Saint-Florent (de), 21.
Sars (de), 292.
Sauret, 226, 277.
Sayce, 16.
Schaeb, 293.
Schécle, 8.
Schmidt, 66.
Schnitzer, 78, 132, 146.
Schott, 38, 94, 126, 350.
Schnauss, 397, 399, 471.
Schulze, 8.
Schuller, 262.
Schæb, 293.
Scotellari, 449.
Sébert, 180, 181, 205, 426, 427, 428, 434.
Secretan, 62, 142, 205, 328, 355, 373.
Seebeck, 21, 471.
Seguier, 211.
Sennebier, 8, 21.
Serrin, 470.
Shadbolt, 300.
Sheperd, 229.
Siedebotham, 172.
Sillman, 470.
Silvy, 264, 283, 286, 299, 449.
Simonoff, 162.
Simpson (W.), 18, 404, 406, 447.
Skaife, 196, 198, 242, 470.
Slater, 137.
Slingsby, 457, 459.
Smith, 246, 291.
Solomon, 469.
Sommer, 99, 124.
Spiller, 304, 471.
Stebbing, 181, 284.
Stein, 176, 293.
Steinheil, 64, 82, 83, 92, 93, 94, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 141, 182, 252.
Stolze, 291.
Stuart Wortley, 16. 448, 476.
Sutton, 16, 79, 80, 112, 127, 173, 230, 246, 263, 305.
Sturm, 54.
Swann, 18, 168, 412.
Swecjzer, 460.

Talbot, 11, 12, 13, 18, 19, 65, 217.
Taupenot, 14, 397, 400.
Taylor, 327, 470.
Tessié du Mothay, 21.
Tillard, 279.
Titus-Albitès, 292.
Thomas, 484.
Thomsom, 243.
Thouroude, 433, 479.
Thury et Amey, 179, 180, 181, 427, 428.
Tourtin, 246.
Trévaux, 166.
Troost, 470.
Trutat, 280, 281.
Tylar, 277.

Valette, 168.
Vallot, 21, 329.
Vanakère, 491.
Vauquelin, 18.
Vavasseur, 238.
Verdet, 62.
Vernon Heath, 254.
Vidal (L), 18, 22, 250, 273, 276, 278, 305, 407, 417, 419, 429, 440.

Vieuille, 407, 440, 472.
Vinois, 447.
Vitruve, 7.
Vivien, 277.
Vogel (H.), 17, 204, 305, 407, 412, 419, 440, 452, 460, 468, 469, 472.
Voigtlander, 94, 98 105, 107, 124, 125, 126, 132, 142, 146, 237, 349, 379, 380, 381, 383.
Voytot, 449.

Waller, 460.
Wanaus, 296.
Waterhouse, 17.
Watson, 229, 230, 254.
Warnerke, 16, 284, 300. 321, 329, 351, 414, 415, 416, 429.
Wegwood, 9.
Wehl, 402.
Webster, 147, 351.
Werske, 293.
Weyde (Vander), 450, 470.
Whitworth, 301.
Wigham, 470.
Willat, 17.
Williams, 163.
Willis, 19.
Window, 260.
Wollaston, 21, 65.
Woodbury, 20, 219, 276.
Woolcot, 460.
Wortley (Stuart), 16, 448 476.
Wulf, 471.

York, 255.
Young, 26.
Yungman, 275.

Zantedeschi, 476.
Zentmayer, 83, 205.
Ziégler, 399, 400.
Zinken. 205.
Zion, 181.
Zschocke, 194.

# TABLE DES FIGURES

## DU PREMIER VOLUME.


| Nos | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | Épreuve négative | 10 |
| 2. | » positive | 11 |
| 3. | Ondulations | 27 |
| 4. | Rayon réfracté | 31 |
| 5. | Foyer principal | 32 |
| 6. | Ménisque convergent | 36 |
| 7. | » divergent | 36 |
| 8. | Lentille biconvexe | 36 |
| 9. | » biconcave | 37 |
| 10. | Ménisque convergent | 37 |
| 11. | » divergent | 37 |
| 12. | Lentille plan convexe | 37 |
| 13. | » plan concave | 37 |
| 14. | » plan convexe | 37 |
| 15. | » plan concave | 37 |
| 16. | Colloir | 43 |
| 17. | Éléments cardinaux | 48 |
| 18. | Points nodaux | 48 |
| 19. | Foyers principaux | 49 |
| 20. | Banc de A. Cornu | 51 |
| 21. | Aberration sphérique | 55 |
| 22. | Courbure du champ | 56 |
| 23. | Profondeur de foyer | 56 |
| 24. | Effet du diaphragme | 57 |
| 25. | Surface quadrillée | 58 |
| 26. | Distorsion en barillet | 58 |
| 27. | » croissant | 58 |
| 28. | Astigmation | 59 |
| 29. | Effet du diaphragme | 59 |
| 30. | Objectif simple ancien | 65 |
| 31. | » » ordinaire | 65 |
| 32. | » » nouveau | 65 |
| 33. | » simple | 67 |
| 34. | » grand angulaire simple | 69 |
| 35. | » » » » | 76 |
| 36. | » simple pour stéréoscope | 76 |
| 37. | Objectif rapid landscape | 77 |
| 38. | » rectilinear landscape | 77 |
| 39. | » globe | 78 |
| 40. | » » | 79 |
| 41. | » doublet de Ross | 81 |
| 42. | » périscope Steinheil | 82 |
| 43. | » pantoscope | 84 |
| 44. | » panoramique | 85 |
| 45. | » périgraphique | 86 |
| 46. | Tache centrale | 88 |
| 47. | » » | 89 |
| 48. | Objectif rectilinéaire grand angle | 89 |
| 49. | » » » | 90 |
| 50. | » Aplanat grand angle | 92 |
| 51. | » Aplanat pr reproductions | 93 |
| 52. | » double | 96 |
| 53. | Diaphragmes | 97 |
| 54. | Objectif égaliseur | 100 |
| 55. | » patent Dallmeyer | 101 |
| 56. | » » » | 102 |
| 57. | » » » | 102 |
| 58. | » » » | 104 |
| 59. | » rectilinéaire à portraits | 106 |
| 60. | » antiplanat pour portraits | 109 |
| 61. | » » » groupes | 110 |
| 62. | » aplanat | 112 |
| 63. | » » | 113 |
| 64. | » » paysage | 115 |
| 65. | » rectilinéaire grand angle | 118 |
| 66. | » » rapide | 119 |
| 67. | » » » | 119 |
| 68. | » aplanétique | 120 |
| 69. | » » | 122 |
| 70. | » » | 123 |
| 71. | » » | 124 |
| 72. | » simple | 128 |

| Nos | | Pages. |
|---|---|---|
| 73. | Objectif simple | 128 |
| 74. | » » | 130 |
| 75. | » orthoscopique | 131 |
| 76. | » Chevallier | 133 |
| 77. | » » | 134 |
| 78. | » » | 134 |
| 79. | » à cône | 135 |
| 80. | » » | 135 |
| 81. | » Hermagis | 136 |
| 82. | » » | 136 |
| 83. | » trousse Berthiot | 139 |
| 84. | » » » | 139 |
| 85. | » » » | 140 |
| 86. | » » » | 141 |
| 87. | Ancien diaphragme | 144 |
| 88. | Diaphragme rotateur | 144 |
| 89. | » » | 144 |
| 90. | Diaphragmes à vannes | 145 |
| 91. | Diaphragme tournant | 145 |
| 92. | » iris | 146 |
| 93. | Place de l'obturateur | 153 |
| 94. | » » | 154 |
| 95. | Effet du diaphragme | 155 |
| 96. | Ouverture de l'obturateur | 156 |
| 97. | » » | 156 |
| 98. | » » | 156 |
| 99. | » » | 157 |
| 100. | Obturateur à guillotine | 159 |
| 101. | » » | 160 |
| 102. | » incliné | 161 |
| 103. | » H. de Molard | 162 |
| 104. | » » | 162 |
| 105. | » » | 162 |
| 106. | » Mauduit | 163 |
| 107. | » » | 164 |
| 108. | » » | 164 |
| 109. | » Burton | 165 |
| 110. | » » | 166 |
| 111. | » Hennyngton | 166 |
| 112. | » Gilonna | 167 |
| 113. | » fantôme | 168 |
| 114. | » Londe-Dessoudeix | 170 |
| 115. | » » » | 170 |
| 116. | » » » | 170 |
| 117. | » » » | 170 |
| 118. | » » » | 171 |
| 119. | » Darlot | 171 |
| 120. | » Lecanu | 172 |
| 121. | » » | 172 |
| 122. | » Berthiot | 173 |
| 123. | » Londe | 174 |
| 124. | » » | 174 |
| 125. | » » | 174 |
| 126. | » » | 175 |
| 127. | Obturateur Londe | 175 |
| 128. | » » | 175 |
| 129. | » » | 176 |
| 130. | » » | 176 |
| 131. | » » | 176 |
| 132. | » central | 177 |
| 133. | » Thury et Amey | 179 |
| 134 | » » » | 180 |
| 135. | » » » | 181 |
| 136. | » Zion | 181 |
| 137. | Obturateur Français | 182 |
| 138. | » Steinheil | 182 |
| 139. | » Guerry | 183 |
| 140. | » » | 183 |
| 141. | » Calame-Penny | 184 |
| 142. | » » | 184 |
| 143. | » » | 185 |
| 144. | » Dallmeyer | 186 |
| 145. | » » | 186 |
| 146. | » » iris | 187 |
| 147. | » Martinet | 188 |
| 148. | » Lutken | 189 |
| 149. | » » | 189 |
| 150 | » » | 190 |
| 151. | » » | 190 |
| 152. | » » | 191 |
| 153. | » » | 191 |
| 154. | » » | 191 |
| 155. | » Bocca | 192 |
| 156. | » » | 192 |
| 157. | » Zschokke | 194 |
| 158. | » » | 194 |
| 159. | » Guerry à volet | 195 |
| 160. | » » » | 196 |
| 161. | » Audra | 197 |
| 162. | » » | 197 |
| 163. | » » | 197 |
| 164. | » Guerry double volet | 198 |
| 165. | » Bocca | 199 |
| 166. | » » | 199 |
| 167. | » de la Baume-Pluvinel | 200 |
| 168. | » » » | 201 |
| 169. | » Mendozza | 202 |
| 170. | Chambre noire à tiroir | 207 |
| 171. | » » » | 208 |
| 172. | » à soufflet | 210 |
| 173. | » » | 210 |
| 174. | » anglaise | 211 |
| 175. | » base rentrante | 212 |
| 176. | » base ployante | 213 |
| 177. | » soufflet tournant | 214 |
| 178. | » pour reproductions | 215 |
| 179. | » » » | 215 |
| 180. | Chariot multiplicateur | 216 |

| Nos | | Pages. |
|---|---|---|
| 181. | Chambre Defrance | 218 |
| 182. | » Civiale | 221 |
| 183. | » soufflet tournant | 223 |
| 184. | » » de voyage | 223 |
| 185. | » » » | 223 |
| 186. | » de Jonte | 224 |
| 187. | » » | 224 |
| 188. | » » | 225 |
| 189. | Planchette d'objectif | 226 |
| 190. | Chambre Martinet | 226 |
| 191. | » » | 227 |
| 192. | » » | 227 |
| 193. | » Pélegry | 228 |
| 194. | » anglaise | 229 |
| 195. | » » | 229 |
| 196. | » » | 230 |
| 197. | » de Ross | 230 |
| 198. | » » | 230 |
| 199. | » » | 230 |
| 200. | » Express-Nadar | 231 |
| 201. | » » » | 231 |
| 202. | » » » | 231 |
| 203. | » » » | 231 |
| 204. | » » » | 231 |
| 205. | » » » | 231 et 232 |
| 206. | » » » | 232 |
| 207. | » » » | 233 |
| 208. | » » » | 234 |
| 209. | » » » | 234 |
| 210. | » » » | 234 |
| 211. | » Mac-Kellen | 235 |
| 212. | » » | 235 |
| 213. | » » | 235 |
| 214. | » métallique | 236 |
| 215. | | 237 |
| 216. | | 237 |
| 217. | » Pons | 238 |
| 218. | » Dubroni et Candèze | 239 |
| 219. | » » » | 239 |
| 220. | » » » | 240 |
| 221. | » seénographe | 241 |
| 222. | » Fetter | 242 |
| 223. | » alpiniste | 243 |
| 224. | » colis postal | 244 |
| 225. | » Tourtin | 245 |
| 226. | | 245 |
| 227. | | 245 |
| 228. | | 246 |
| 229. | » Mendozza | 246 |
| 230. | » détective Nadar | 247 |
| 231. | » » » | 248 |
| 232. | » Kodak | 248 |
| 233. | » » | 248 |
| 234. | » » | 248 |
| 235. | Chambre Hanau | 249 |
| 236. | » » | 249 |
| 237. | Châssis Hanau | 249 |
| 238. | Chambre Martinet | 250 |
| 239. | En-cas photographique | 251 |
| 240. | Chambre Steinheil | 252 |
| 241. | » » | 252 |
| 242. | » Le Roy | 252 |
| 243. | » photosphère | 253 |
| 244. | » Watson | 254 |
| 245. | Viseur iconomètre | 254 |
| 246. | Chambre reporter | 255 |
| 247. | Obturateur stéréoscopique | 256 |
| 248. | Chambre » | 258 |
| 249. | » » | 258 |
| 250. | » jaminoscope | 258 |
| 251. | » » | 259 |
| 252. | » de Raneogne | 259 |
| 253. | Support stéréoscopique | 260 |
| 254. | Châssis siamois | 261 |
| 255. | » » | 261 |
| 256. | Fond siamois | 261 |
| 257. | Chambre panoramique | 263 |
| 258. | Points nodaux | 265 |
| 259. | » » | 265 |
| 260. | Point de vue | 266 |
| 261. | Fixité d'image | 266 |
| 262. | Cylindrographe Moessard | 267 |
| 263. | » » | 267 |
| 264. | Cylindrographe topographique | 268 |
| 265. | Châssis Moessard | 268 |
| 266. | Support de cylindrographe | 270 |
| 267. | Vue panoramique | 270 |
| 268. | Crémaillère panoramique | 271 |
| 269. | Appareil Benoist | 271 |
| 270. | Chambre-revolver | 272 |
| 271. | Chambre « le Touriste » | 273 |
| 272. | Châssis à papier | 280 |
| 273. | » » | 281 |
| 274. | » » | 282 |
| 275. | Châssis à papier | 281 |
| 276. | » à rouleau | 283 |
| 277. | » Nicole | 284 |
| 277 *bis*. | Châssis Mendozza | 284 |
| 278. | » Perron | 285 |
| 279. | » Eastmann | 286 |
| 280. | » » | 286 |
| 281. | » » | 287 |
| 282. | » » | 287 |
| 283. | » » | 288 |
| 284. | Marqueur Nadar | 288 |
| 285. | Châssis Eastman | 289 |
| 286. | Multiplicateur P. Henry | 290 |
| 287. | » » | 291 |

| Nos | | Pages. |
|---|---|---|
| 288. | Boîte à escamoter | 292 |
| 289. | Pied d'atelier | 294 |
| 290. | » » | 295 |
| 291. | » pour reproductions | 296 |
| 292. | » » | 297 |
| 293. | » de voyage | 298 |
| 294 | » pour long tirage | 299 |
| 295. | » de Barrau | 300 |
| 296. | Tête de pied | 301 |
| 297. | Chambre sur pied | 302 |
| 298. | Stabilité du pied | 303 |
| 299. | Adapteur Molteni | 313 |
| 300. | » » | 314 |
| 301. | » » | 314 |
| 302. | Tourniquet Moessard | 322 |
| 303. | » » | 323 |
| 304. | Tige du tourniquet | 324 |
| 305. | Point nodal | 324 |
| 306. | » » | 324 |
| 307. | » » fixé | 324 |
| 308. | Longueur focale | 326 |
| 309. | Points nodaux | 327 |
| 310. | Distance focale | 327 |
| 311. | Focabsolumètre | 328 |
| 312. | Distance focale | 329 |
| 313. | Points focaux | 330 |
| 314. | Points nodaux | 330 |
| 315. | Axe optique | 331 |
| 316. | Surface focale | 333 |
| 317. | Sa section horizontale | 334 |
| 318. | Test-focimètre | 335 |
| 318 *bis*. | Mire de netteté | 337 |
| 319. | Champ plan maximum | 337 |
| 320. | Angle du champ | 337 |
| 321. | Distance hyperfocale | 340 |
| 322. | Distorsion | 343 |
| 323. | » en dedans | 344 |
| 324. | » en dehors | 344 |
| 325. | Calcul des radiations | 346 |
| 326. | Clarté des objectifs | 352 |
| 327. | Test-focimètre | 354 |
| 328. | Mire | 355 |
| 329. | Mauvais centrage | 356 |
| 330. | Rapport de clarté | 361 |
| 331. | Place du diaphragme | 363 |
| 332. | Profondeurs d'objet | 364 |
| 333. | » de foyer | 367 |
| 334. | Grandeur des images | 376 |
| 335. | Prisme redresseur | 383 |
| 336. | Chambre Acme fermée | 385 |
| 337. | » » sur pied | 385 |
| 338. | » » prête à être montée | 385 |
| 339. | » » montée | 385 |
| 340. | Chambre Acme pour longs foyers | 385 |
| 341. | » » pour courts foyers | 385 |
| 342. | Planchette d'objectif | 388 |
| 343. | Chevalet à reproductions | 389 |
| 344. | Planchette à parallélisme | 390 |
| 345. | Parallélisme de plans | 390 |
| 346. | Planchette à vérification | 390 |
| 347. | Champ angulaire | 398 |
| 348. | Chercheur focimétrique | 401 |
| 349. | » » | 402 |
| 350. | » » | 402 |
| 351. | Loupe pour mise au point | 403 |
| 352. | » » » | 403 |
| 353. | » » » | 403 |
| 354. | Changement de diaphragmes | 404 |
| 355. | » » | 405 |
| 356. | » » | 405 |
| 357. | Objets en mouvement | 421 |
| 358. | Temps de pose effectif | 427 |
| 359. | Rendement | 428 |
| 360. | Emploi du diapason | 429 |
| 361. | Chute des corps | 430 |
| 362. | Courbes de chute | 432 |
| 363. | Guillotine rectangulaire | 435 |
| 364. | » circulaire | 435 |
| 365. | » biconcave | 435 |
| 366. | » à deux lamelles | 435 |
| 367. | Atelier vitré | 441 |
| 368. | Plan de l'atelier | 442 |
| 369. | Atelier vitré | 443 |
| 370. | » » | 444 |
| 371. | Atelier forme tunnel | 444 |
| 372. | Ferrures d'atelier | 445 |
| 373. | » » | 445 |
| 374. | Ancien atelier | 446 |
| 375. | » » | 446 |
| 376. | Atelier tunnel | 447 |
| 377. | » Silvy | 447 |
| 378. | » Stuart Wortley | 448 |
| 379. | » » » | 448 |
| 380. | » avec écrans | 449 |
| 381. | Fond Salomon | 451 |
| 382. | Stores pour vitrages | 453 |
| 383. | Place du modèle | 453 |
| 384. | Formules d'éclairage | 454 |
| 385. | Disposition des mains | 454 |
| 386. | Place du modèle | 455 |
| 387. | Écran de tête | 456 |
| 388. | » » | 456 |
| 389. | Détails de l'écran | 457 |
| 390. | » » | 457 |
| 391. | » » | 457 |
| 392. | » » | 457 |
| 393. | Châssis Slingsby | 458 |

| Nos | | Pages. |
|---|---|---|
| 394. | Écran de Prümm | 459 |
| 395. | Écran de Midwinter | 459 |
| 396. | Réflecteur A. Salomon | 459 |
| 397. | Écran d'Angerer | 459 |
| 398. | Réflecteur Klary | 460 |
| 399. | » » | 460 |
| 400. | Support fixe œil | 461 |
| 401. | Montage des fonds | 461 |
| 402. | Abri de chambre | 462 |
| 403. | Tronc de pyramide | 463 |
| 404. | Courbure du champ | 464 |
| 405. | Portrait en chambre | 465 |
| 406. | Éclairage à 45° | 465 |
| 407. | Lignes supportées | 466 |
| 408. | Choix du sujet | 466 |
| 409. | Ligne diagonale | 466 |
| 410. | Composition d'un sujet | 466 |
| 411. | Supporter l'angle | 467 |
| 412. | Vue symétrique | 467 |
| 413. | Vue de rue | 467 |
| 414. | Opposition d'ombre | 468 |
| 415. | Limiter une vue | 468 |
| 416. | Vue de face | 468 |
| 417. | Vue de monument | 468 |
| 418. | Lampe au magnésium | 469 |
| 419. | Plan d'un cabinet noir | 473 |
| 420. | Prise d'air | 474 |
| 421. | Armoire-laboratoire | 475 |
| 422. | Lanterne Henry | 476 |
| 423. | Lanterne inclinée | 477 |
| 424. | Lanterne ordinaire | 477 |
| 425. | » Enjalbert | 478 |
| 426. | » » | 478 |
| 427. | Cuvette plate | 479 |
| 428. | » à recouvrement | 479 |
| 429. | » grande dimension | 480 |
| 430. | Porte-entonnoir | 480 |
| 431. | Filtre à précipités | 480 |
| 432. | » à plis | 481 |
| 433. | » » | 481 |
| 434. | Eprouvette graduée | 481 |
| 435. | Verres gradués | 481 |
| 436. | Support-séchoir | 482 |
| 437. | Égouttoir | 482 |
| 438. | Support simple | 483 |
| 439. | Planchette à polir | 484 |
| 440. | Cadre à développer | 484 |
| 441. | Pistolet porte-glace | 484 |
| 442. | Châssis à barettes | 485 |
| 443. | » positif | 485 |
| 444. | » anglais | 486 |
| 445. | » à crochets | 486 |
| 446. | Trébuchet de laboratoire | 487 |
| 447. | » sous cage | 487 |
| 448. | Mortier de verre | 489 |
| 449. | Cuve à lavages | 489 |
| 450. | » » | 490 |
| 451. | Cuve en zinc | 491 |
| 452. | Calibres à découper | 491 |

# TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

## DU PREMIER VOLUME.

---

### INTRODUCTION.

**1**. Historique de la photographie, p. 7. — **2**. Nicéphore Niepce, inventeur de la photographie, p. 10. — **3**. Procédé Talbot, p. 11. — **4**. Procédé de Bayard, p. 12. — **5**. Procédé de Daguerre, p. 12.

§ 1. — *Images négatives.*

**6**. Perfectionnements du procédé Talbot, p. 13. — **7**. Procédé sur albumine, p. 14. — **8**. Procédé sur collodion, p. 14. — **9**. Procédé aux émulsions, p. 15. — **10**. Émulsion à la gélatine, p. 17.

§ 2. — *Images positives.*

**11**. Emploi du papier au chlorure d'argent, p. 18. — **12**. Images sans sels d'argent, p. 18. — **13**. Gravure héliographique, p. 19. — **14**. Photolithographie, p. 20. — **15**. Phototypie, p. 21. — **16**. Héliocromie, p. 21. — **17**, **18**. Applications scientifiques de la photographie, p. 22.

## LIVRE PREMIER.

### PRODUCTION DE L'IMAGE LUMINEUSE.

### CHAPITRE PREMIER.

#### LA LUMIÈRE.

**19**, **20**. Nature de la lumière, p. 25, 26. — **21**. Principe des interférences, p. 27. — **22**. Diffraction, p. 28. — **23**. Réflexions de la lumière, p. 28. — **24**. Réfraction, p. 29. — **25**. Dispersion, p. 30. — **26**. Réfraction à travers une surface sphérique, p. 31.

### CHAPITRE II.

#### LES LENTILLES.

§ 1. — *Généralités.*

**27**. Définitions, p. 36. — **28**. Fabrication des lentilles photographiques, p. 38.

§ 2. — *Propriétés des lentilles.*

**29**. Propriétés des lentilles, p. 46. — **30**. Lentilles convergentes infiniment minces, p. 47. — **31**. Lentilles épaisses, p. 47. — **32**. Éléments cardinaux, p. 48. — **33**. Formule de Newton, p. 48. — **34**. Points nodaux dans les lentilles épaisses, p. 48. — **35**. Plans principaux, p. 49. — **36**. Mesures de la longueur des foyers principaux, p. 50. — **37**. Convergence d'une lentille; dioptrie, p. 53.

§ 3. — *Des aberrations.*

**38**. Aberration sphérique; caustiques, p. 53. — **39**. Destruction de l'aberration sphérique, p. 55. — **40**. Courbure du champ ou aberration de forme de l'image, p. 55. — **41**. Définition de la netteté, p. 55. — **42**. Profondeur de foyer, p. 56. — **43**. De la distorsion, p. 57. — **44**. De l'astigmation, p. 58. — **45**. Aberration chromatique, p. 60.

## CHAPITRE III.

### DESCRIPTION DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

**46**. Description des objectifs photographiques, p. 63. — **47**. Classification des objectifs, p. 64.

§ 1. — *Objectifs à petite ouverture.*

**48**. L'objectif simple, p. 65. — **49**. Nouvelle forme, p. 68. — **50**. Objectif simple grand angulaire, p. 69. — **51**. Objectifs simples rapides, p. 72. — **52**. Objectif rectilinéaire pour vues, p. 74. — **53**. L'objectif globe, p. 78. — **54**. Objectif panoramique de Sutton, p. 80. — **55**. Doublet de Th. Ross, p. 80. — **56**. Symétriques grand angle, p. 81. — **57**. Objectif périscope de Steinheil, p. 82. — **58**. Le pantoscope, p. 84. — **59**. Objectifs panoramiques de Prasmowski, p. 84. — **60**. Objectif périgraphique de Berthiot, p. 86. **61**. Objectif rectilinéaire grand angle, p. 86. — **62**. Aplanat grand angulaire pour vues, p. 92. — **63**. Aplanat grand angulaire pour reproductions, p. 93. — **64**. Autres objectifs à grand angle, p. 94.

§ 2. — *Les objectifs à grande ouverture.*

**65**. Objectifs à grande ouverture, p. 95. — **66**. Objectif double à portraits, p. 95. — **67**. Anciens objectifs, p. 98. — **68**. Modification de l'objectif à portraits, p. 99. — **69**. Objectif à foyer variable, p. 101. — **70**. Objectifs de Voigtlander, p. 105. — **71**. Rectilinéaires à portraits, p. 106. — **72**. Euryscope à portraits, p. 107. — **73**. L'antiplanat de Steinheil, p. 108. — **74**. L'aplanat ou aplanétique de Steinheil, p. 111. — **75**. L'aplanat pour paysages, p. 115. — **76**. Aplanats grands angulaires; aplanats pour portraits, pour groupes, p. 116. — **77**. Rectilinéaires rapides, p. 118. — **78**. L'euryscope de Voigtlander, p. 124. — **79**. Nouvel euryscope de Voigtlander, p. 126. — **81**. L'objectif triple ou triplet, p. 127. — **80**. L'objectif orthoscopique, p. 131.

§ 3. — *Trousses d'objectifs.*

**82**. Historique, p. 133. — **83**. Trousses d'objectifs.

§ 4. — *Les diaphragmes.*

**84**. Définition, p. 142. — **85**. Position des diaphragmes, p. 143. — **86**. Forme du diaphragme, p. 146. — **87**. Diaphragme-étoile, p. 148.

§ 5. — *Des obturateurs.*

**88**. Obturateurs, p. 150. — **89**. Place de l'obturateur, p. 152. — **90**. Ouverture de l'obturateur, p. 155. — **91**. Obturateurs à mouvements circulaires. — Obturateurs latéraux, p. 158. — **92**. Obturateurs « à pose », p. 160. — **93**. Modifications de l'obturateur à guillotine, p. 161. — **94**. Obturateurs latéraux à mouvement circulaire, p. 169. — **95**. Modifications de l'obturateur latéral circulaire, p. 171. — **95**. Obturateurs centraux à mouvements rectilignes, p. 177. — **96**. Autres obturateurs centraux, p. 183. — **97**. Obturateurs centraux à mouvements circulaires, p. 186. — **98**. Obturateurs à volet, p. 194. — **99**. Obturateurs à plusieurs volets, p. 196. — **100**. Obturateurs divers, p. 200. — **101**. Divers, p. 203.

## CHAPITRE IV.

### CHAMBRES NOIRES ET LEURS ACCESSOIRES.

**102**. Historique, p. 206.

§ 1. — *Chambres noires d'ateliers.*

**103**. Chambre noire à tiroir, p. 207. — **104**. Chambre noire à soufflet, p. 211. **105**. Châssis multiplicateur, p. 216.

§ 2. — *Chambres noires de voyage.*

**106**. Historique, p. 217. — **107**. Chambre noire à soufflet tournant, p. 224. — **108**. Chambres noires anglaises, p. 229. — **109**. Chambres noires métalliques, p. 236. — **110**. Chambres noires à tirage fixe, p. 238.

§ 3. — *Chambres noires à main.*

**111**. Chambres noires à main, p. 242.

§ 4. — *Chambres stéréoscopiques, panoramiques, etc.*

**112**. Chambres stéréoscopiques, p. 255. — **113**. Chambres pour portraits médaillons, p. 260. — **114**. Chambre de composition, p. 260. — **115**. Chambres panoramiques, p. 262. — **116**. Appareil panoramique Moëssard, p. 265. — **117**. Autres chambres panoramiques, p. 270. — **118**. Chambre revolver, p. 273. — **119**. Modifications à la chambre noire, p. 274.

§ 5. — *Glace dépolie, châssis négatifs, appareils divers.*

**120**. Mise au point, p. 274. — **121**. Châssis négatifs, p. 276. — **122**. Châssis pour papier ou pellicules, p. 279. — **123**. Châssis à rouleau, p. 283. — **124**. Châssis-rouleau Eastman, p. 287. — **125**. Châssis multiplicateur, p. 288. — **126**. Châssis et boîte à escamoter, p. 290. — **127**. Châssis pour développement, p. 292.

§ 6. — *Pieds de chambres noires.*

**128**. Classification, p. 294. — **129**. Pied d'atelier, p. 294. — **130**. Pieds de campagne, p. 296. — **131**. Vis servant à fixer la chambre noire sur le pied, p. 301.

§ 7. — *Chambres noires sans objectifs; appareils divers.*

**132**. Chambres noires sans objectifs.

## CHAPITRE V.

### ESSAI DES CHAMBRES NOIRES ET DES OBJECTIFS.

§ 1. — *Chambres noires.*

**133**. Chambres noires, p. 306. — **134**. Obscurité dans la chambre noire, p. 306. — **135**. Parallélisme des faces, p. 308. — **136**. Perpendicularité de l'axe de l'objectif sur la surface sensible, p. 310. — **137**. Glace dépolie, p. 310. — **138**. Planchettes d'objectifs, p. 311.

§ 2. — *Essais des objectifs.*

**139**. Rondelles d'objectifs, p. 311. — **140**. Adapteur, p. 313. — **141**. Essai des objectifs, p. 315. — **142**. Détermination de la longueur focale principale d'un objectif, p. 316. — **143**. Distance focale principale, p. 321. — **144**. Le tourniquet, p. 322. — **145**. Méthode du triangle, p. 326. — **146**. Méthode de M. de la Baume-Pluvinel, p. 327. — **147**. Méthode de M. Taylor, p. 327. — **148**. Focabsolumètre, p. 328. — **149**. Détermination des points focaux principaux, p. 329. — **150**. Usage des points focaux, p. 330. — **151**. Détermination par le calcul de la distance focale d'un objectif double, p. 331. — **152**. Détermination de l'axe optique principal d'un objectif, p. 331. — **153**. Forme de la surface focale principale; profondeur de foyer, p. 332. — **154**. Essai au tourniquet, p. 334. — **155**. Emploi du test-focimètre, p. 335. — **156**. Champ plan maximum, p. 336. — **157**. Angle du champ, p. 337. — **158**. Profondeur du champ utile, p. 338. — **159**. Distance hyperfocale, avant-plan de l'infini, p. 339. — **160**. Déformation des images; distorsion, p. 343. — **161**. Illumination des images formées par les objectifs. Clarté, p. 345. — **162**. Objectif type, p. 348. — **163**. Corrections à introduire, p. 351. — **164**. Mesure de la clarté propre des objectifs, p. 352. — **165**. Essai de l'achromatisme de l'objectif, p. 354. — **166**. Essais divers, p. 356. — **167**. Résumé, p. 357. — **168**. Coefficient de clarté, p. 358. — **169**. Graduation des diaphragmes, p. 361. — **170**. Profondeur de foyer, p. 363. — **171**. Profondeur postérieure, antérieure et totale, p. 367. — **172**. Dimensions des lignes et des surfaces conjuguées, p. 372. — **173**. Emploi d'un graphique, p. 373.

## CHAPITRE VI.

### USAGE DES OBJECTIFS ET DE LA CHAMBRE NOIRE.

§ 1. — *Choix des objectifs.*

**174**. Dimensions de la plaque, p. 379. — **175**. Portraits, p. 379. — **176**. Groupes, p. 380. — **177**. Paysages, p. 380. — **178**. Monuments, p. 382. —

**179**. Reproduction de cartes, plans, etc., p. 382. — **180**. Objectifs pour épreuves instantanées, p. 384.

§ 2. — *Emploi des chambres noires et des objectifs.*

**181**. Choix de la chambre noire, p. 386. — **182**. Emploi de la chambre noire dans l'atelier, p. 386. — **183**. Emploi de la chambre noire au dehors, p. 391. — **184**. Relation entre la grandeur d'un objet et celle de son image, p. 393. — **185**. Emploi de l'angle du champ, p. 396. — **186**. Iconomètre, chercheur photographique, p. 400. — **187**. Emploi des diaphragmes, p. 402. — **188**. Variation de mise au point, p. 404. — **189**. Limite des dimensions de diaphragme, p. 406.

CHAPITRE VII.

DU TEMPS DE POSE.

§ 1. — *Objets en repos.*

**190**. Définition, p. 408. — **191**. Détermination numérique des coefficients, p. 411. — **192**. Coefficient d'éclairage, p. 411. — **193**. Coefficient de clarté, p. 414. — **195**. Coefficient de distance, p. 415. — **196**. Applications. Formule abrégée du temps de pose, p. 416. — **197**. Détermination expérimentale du temps de pose, p. 417.

§ 2. — *Photographie des objets en mouvement.*

**198**. Temps de pose effectif, temps de pose utile, durée d'impressionnement, rendement, p. 420. — **199**. Objets en mouvement, p. 421. — **200**. Conditions de netteté, p. 421. — **201**. Conditions d'harmonie, p. 424. — **202**. Mesure expérimentale du temps de pose effectif, p. 426. — **203**. Rendement d'un obturateur, sa détermination, p. 433. — **204**. Coefficient d'utilisation, p. 434. — **205**. Orifice rectangulaire, p. 435. — **206**. Orifice circulaire, p. 436. — **207**. Orifice biconcave, p. 437. — **208**. Obturateur à deux lamelles, p. 438. — **209**. Résumé, p. 439.

LIVRE II.

CHAPITRE PREMIER.

ATELIERS.

**210**. Ateliers, p. 441.

§ 1. — *Atelier vitré.*

**211**. Orientation, p. 441. — **212**. Matériaux de construction, p. 445. — **213**. Modifications de l'atelier vitré, p. 448. — **214**. Fonds et accessoires, p. 450.

§ 2. — *Éclairage du modèle.*

**215**. Portraits, p. 452. — **216**. De l'écran de tête, p. 457. — **217**. Emploi des réflecteurs, p. 459. — **218**. Ateliers pour reproductions, p. 463.

§ 3. — *Travail hors de l'atelier.*

**219**. Opérations au dehors, p. 464. — **220**. Portraits, p. 464. — **221**. Paysages, p. 466. — **222**. Monuments, p. 468.

§ 4. — *Éclairage artificiel de l'atelier.*

**223**. Éclairage au magnésium, p. 468. — **224**. Poudre de magnésium, p. 469. — **225**. Lumière électrique, p. 470. — **226**. Lumière du gaz, p. 470. — **227**. Autres sources de lumière, p. 470.

CHAPITRE II.

LES LABORATOIRES.

**228**. Laboratoires, p. 474.

§ 1. — *Laboratoire obscur.*

**229**. Laboratoire obscur, p. 474. — **230**. Éclairage du cabinet obscur, p. 475. — **231**. Emploi de la lumière artificielle, p. 477. — **232**. Essai du laboratoire obscur, p. 478. — **233**. Appareils et accessoires divers, p. 479.

§ 2. — *Laboratoire de tirage.*

**234**. Division du laboratoire, p. 485.

§ 3. — *Laboratoire de montage.*

**235**. Montage des épreuves, p. 486.

---

Table alphabétique des matières..... 493
Table alphabétique des noms propres..... 497
Table des figures..... 502
Table méthodique des matières..... 507

**Achevé d'imprimer le 15 octobre 1889.**

Arturo Galli
Milano

Toulouse, Imp. DOULADOURE-PRIVAT, rue S^t-Rome, 39. — 6427

GETTY RESEARCH INSTITUTE
3 3125 01409 3989